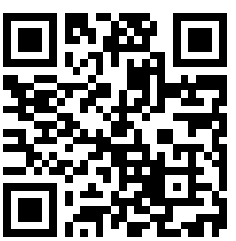
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA

ITALIANA.

Digitized by Google

Digitized by Google

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA

ITALIANA

SEDE CENTRALE: Via S. Paolo, 10 - MILANO.

VOLUME I.

N.° 1 AL N.° 19

DALLA FONDAZIONE AL LUGLIO 1898.

MILANO
TIP. BERNARDONI DI C. REBESCHINI E C.
—
1898.

Digitized by Google

Digitized by Google

INDICE

N.° 1. Cenni sulla Fondazione e Costituzione dell'Associazione Elettrotecnica Italiana. Ing. A. Panzarasa . . . . . Pag. VII
„ 2. Verbale Assemblea straordinaria 7 marzo 1897 . . . . „ XII
„ 3. Programma I.ª Riunione annuale 24-26 ottobre 1897 . . „ XVII
„ 4. Esposizione Apparecchi elettrici e visite impianti e fabbriche in occasione della I.ª Riunione annuale 24-26 Ottobre 1897. Ing. A. Panzarasa . . . . . „ XX

N.° 5. Commemorazione di Galileo Ferraris, tenuta dal Professor Riccardo Arnò . . . . . Pag. 1
„ 6. Un metodo semplice di avviamento dei Motori Elettrici a corrente alternata asincroni monofasi. Nota I di Riccardo Arnò . . . . . „ 21
„ 7. Un metodo semplice di avviamento dei Motori Elettrici a corrente alternata asincroni monofasi. Nota II di Riccardo Arnò . . . . . „ 28
„ 8. Sulla trasformazione della corrente trifase o tricorrente in corrente monofase. Nota del prof. Guido Grassi . . „ 31
„ 9. Sul calcolo dell'indotto in una dinamo a corrente continua. Nota del prof. Guido Grassi . . . . . „ 40
„ 10. Circa un nuovo tipo di accumulatore leggero. Nota del tenente colonnello F. Pescetto . . . . . „ 45
„ 11. Una modificazione al metodo dell'autore per l'avviamento dei motori asincroni a corrente alternata semplice. Nota di Riccardo Arnò . . . . . „ 51
„ 12. Circa il motore asincrono monofase del Brown e il suo avviamento col sistema Arnò. Nota dell'ing. G. B. Maffiotti e del ten.e col.° F. Pescetto . . . . . „ 55
„ 13. Sul funzionamento tecnico ed economico della lampada elettrica ad incandescenza. Nota dell'ing. S. A. Rumi. „ 63
„ 14. Le tariffe per la vendita dell'energia elettrica. Nota dell'ing. Ettore Conti . . . . . „ 83
„ 15. Le officine elettr. e la tassa sui fabbricati. La legge riguardante la tassa sull'energia elettrica. Nota dell'ingegnere Lorenzo Garrone . . . . . „ 110
„ 16. Descrizione dell'impianto ad alto potenziale ed accumulatori per l'illuminazione elettrica e la distribuzione di forza motrice nella città di Napoli. Nota dell'ing. M. Bonghi „ 117
„ 17. Impianto di Paderno. Nota dell'ing. G. Semenza . . . „ 121
„ 18. Cavi telegrafici sottomarini. Nota dell'ing. E. Jona . . „ 145
„ 19. Sopra una proprietà di un sistema trifase. Nota del professor S. Pagliani . . . . . „ 181

Digitized by Google

Digitized by Google

CENNI

SULLA

FONDAZIONE E COSTITUZIONE

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Al Congresso Internazionale di Elettricità tenutosi in Ginevra al 4 agosto e seguenti dell'anno 1896, parteciparono in numero ragguardevole gli italiani con a capo il compianto prof. Galileo Ferraris attorno al quale, quantunque senza vincolo di tessere, si raggruppavano sempre gli italiani attratti da una incosciente, ma pur profonda ed affettuosa magìa.

Il Congresso era stato indetto sotto gli auspici delle principali Associazioni Elettrotecniche del mondo; l'Italia non ne aveva alcuna.

Fu a Ginevra che fra gli italiani ivi radunati si stabilì di costituire una Associazione che raggruppasse in una grande famiglia tutti gli elettricisti italiani. Alla sera del giorno 7 agosto si tenne in Ginevra la prima riunione, alla quale vollero intervenire anche il Kapp, l'Hefner-Alteneck, ed il prof. Palaz, allora presidente dell'Associazione Elettrotecnica Svizzera, per dimostrare quanta parte prendessero gli stranieri al movimento scientifico e tecnico dell'Italia, aggiungendo i loro auguri per la nascente Associazione, a quelli fatti la mattina a Montreux dall'ing. Cuénod.

In quel primo convegno fu nominata una Commissione composta dal prof. Galileo Ferraris, presidente, dagli ingegneri Arnò, Cauro, Ceretti, Mengarini, Pinna, e dallo scrivente, incaricata di studiare uno schema di Statuto, da discutersi in occasione del Congresso degli Ingegneri Italiani che doveva essere tenuto nel settembre dello stesso anno a Genova.

Due furono gli schemi di Statuti studiati dalla Commissione, uno dell'ing. Pinna, che considerava una Associazione unica, con una sede stabile, l'altro dello scrivente che, data la costituzione geo-

Digitized by Google

grafica dell'Italia, proponeva di costituire una Associazione con varie Sezioni nelle principali città. Le Sezioni sarebbero state rette da Consigli loro propri, e l'Associazione da un Consiglio Centrale, il quale doveva in certo qual modo indirizzare il lavorìo delle Sezioni, e doveva curare la pubblicazione degli Atti. Le Sezioni, avendo sede nei principali centri tecnici e scientifici d'Italia, potevano frequentemente radunarsi, le distanze tra le Sedi e le residenze dei singoli soci essendo in tal modo limitate.

Sede Centrale dell'Associazione sarebbe stata la Sezione a cui apparteneva il Presidente; mutava quindi col mutare di esso.

Ogni anno poi i soci si sarebbero radunati in Assemblea Generale, in una città diversa di volta in volta, per dar modo a tutti di conoscere i vari impianti, e le varie fabbriche elettriche d'Italia.

Il 20 settembre 1896 in Genova sotto la presidenza di Galileo Ferraris e coll'intervento di molti elettricisti venne iniziata la discussione che apportò all'approvazione dello schema di Statuto contemplante una Associazione con Sezioni. La stessa Commissione che studiò lo schema fu incaricata di completarlo redigendolo sotto forma di Statuto organico da essere presentato a un' Assemblea Generale da tenersi in Milano e alla quale fossero stati invitati gli elettricisti di tutte le parti d'Italia.

L'Assemblea fu indetta per il 27 dicembre 1896, e riuscì davvero imponente e tale da dimostrare che il bisogno della costituzione di una Associazione Elettrotecnica Italiana era veramente sentito ed apprezzato.

Il Governo accordò ribassi ferroviari, il R. Istituto Tecnico Superiore di Milano, gentilmente concesse il salone per l'Assemblea alla quale intervennero più di 120 tra elettricisti e persone che avevano a cuore lo sviluppo della scienza e della tecnica elettrica.

Presiedette Galileo Ferraris, e della Commissione erano inoltre presenti gli ingegneri Arnò, Ceretti, Pinna e Panzarasa.

Troppo lungo sarebbe il riportare tutta la discussione, alla quale presero parte oltre i componenti la Commissione, l'on. prof. Colombo, l'ing. Pirelli, il prof. Saldini, il prof. F. Grassi, ed altri, e che condusse all'approvazione dello Statuto riportato nel presente volume.

Alla fine della Assemblea vennero fatte le nomine del Consiglio Centrale.

A Presidente della Associazione fu acclamato tra vivissimi applausi Galileo Ferraris.

La Sede Centrale, a norma dello Statuto votato, per il tempo di

Digitized by Google

presidenza di Galileo Ferraris veniva così ad essere in Torino, ed a Torino dovevano appartenere il *Segretario Generale* ed il *Cassiere*.

A queste cariche furono eletti rispettivamente l'ing. Pinna, e l'ing. Artom.

Quindi pure per acclamazione fu nominato 1.° Vice-Presidente l'On. Colombo.

Alle altre cariche riuscirono eletti:

2.° Vice Presidente	Prof.	Mengarini Guglielmo,	Roma.
Consiglieri:	Ing.	Arnò Riccardo,	Torino.
	„	Danioni Filippo,	Venezia
	„	Cauro Luigi,	Napoli
	„	Ceretti Giulio,	Milano
	„	Panzarasa Alessandro	Milano
	Prof.	Rumi Sereno	Genova.

Moltissime furono le adesioni pervenute, fra le quali degna di nota quella del Governo, poichè sta a dimostrare quanto la Associazione possa fare anche nei rapporti legislativi.

Il Ministro di allora delle Poste e Telegrafi, on. Sineo, che la sventura volle poscia rapito assieme al nostro 1.° Presidente Galileo Ferraris, inviò il seguente telegramma:

Assisto con riconoscente pensiero, non potendo come avrei voluto di persona, alla fondazione della Associazione Elettrotecnica Italiana, ed invio un plauso sincero ed un caldo augurio alla nuova istituzione che darà lustro ed impulso alla vita scientifica ed economica della nazione, e recherà speciali benefici ai pubblici servizi ai quali ho l'onore di presiedere.

SINEO.

Alla sera i Milanesi offrirono ai colleghi elettricisti d'altrove un banchetto al Ristorante Cova, alla fine del quale l'on. prof. Colombo diede il benvenuto agli elettricisti delle varie parti d'Italia che col loro intervento avevano resa così solenne la fondazione della Associazione, ed in special modo brindò all'illustre primo Presidente di essa, Galileo Ferraris, vanto d'Italia, onore della scienza, non solo italiana, ma mondiale.

Galileo Ferraris rispose ringraziando l'on. Colombo ed i Milanesi dell'ospitale cordialità, e portò un caloroso brindisi a Milano, onore ed intelletto dell'Italia che pensa e che lavora, inneggiando al progresso scientifico meta ed aspirazione degli studiosi, mezzo della vera e grande industria moderna.

Digitized by Google

L'Associazione Elettrotecnica Italiana era fondata, occorreva organizzarla; quando improvvisamente ai primi di febbraio del 97 si spargeva la notizia per tutta Italia che Galileo Ferraris era stato colto da una pleuro-polmonite, piuttosto acuta.

Chi conosceva il fisico dell'illustre elettricista, consumato da lunghi ad indefessi studi, ebbe in quei giorni un senso di forte timore, timore che si mutò in isgomento congiunto a incredulità il giorno 7 febbraio, giorno in cui circondato da parenti, amici, scolari, egli ci abbandonava per sempre.

L'Associazione Elettrotecnica Italiana perdeva in lui chi l'aveva fondata, chi la sintetizzava per intiero, e fu somma ventura per essa aver trovato nell' on. Colombo chi seppe costituirla definitivamente, e seppe iniziare ed istradare il lavorìo tecnico e scientifico di essa.

L'Associazione si radunò in Assemblea straordinaria il 7 marzo 1897, per la commemorazione di Galileo Ferraris e per la nomina del nuovo Presidente.

A questa carica venne eletto l'on. Colombo, e la Sede Centrale si trasferì a Milano.

Di questa Assemblea, e delle nomine nuove del Consiglio resesi necessarie col cambiamento del Presidente, è detto nel verbale di quella seduta, approvato nell'Assemblea Generale del 24 ottobre 97, e pubblicato nel presente volume.

Tra il 7 marzo e l'ottobre si organizzarono stabilmente le Sezioni di Torino, Milano, Genova, Roma, Napoli e Palermo. Ma è dalla 1ª Riunione Annuale, in cui furono tenute letture tecniche e scientifiche, in cui si improvvisò fra i soci una piccola esposizione di apparecchi elettrici nei locali della Sede dell'Associazione, e si visitarono i principali stabilimenti di macchine elettriche, di turbine, di fili e cavi elettrici e gli impianti di Officine Generatrici di Elettricità di Milano e di Paderno, che si iniziò, si può dire, la vitalità tecnica e scientifica dell'Associazione, vitalità che ebbe la continuazione nei mesi seguenti in tutte le Sezioni.

In queste si tennero numerose assemblee, letture, conferenze, che sono quasi tutte raccolte e pubblicate nel presente volume.

Mancano solamente la lettura dell' ing. Bertini *sugli Impianti della Società Edison in Milano*, la Conferenza del Prof. Murani sulle *Onde Hertziane* e *Telegrafo senza fili Marconi*, e alcune letture e discussioni inerenti alla legislazione, protezione degli impianti contro le scariche atmosferiche, norme sicurezza per gli impianti, le quali verranno pubblicate nel 2.° volume non appena ultimate e coordinate.

Le riunioni e le assemblee delle Sezioni cessarono coll'aprirsi dell'estate del 1898.

Digitized by Google

Si può dire dunque che il *primo periodo* di lavoro dell'Associazione va dall'ottobre 97 al luglio 98, ed è per questo che la Presidenza ha deciso di chiudere a quest'epoca il 1.° volume degli Atti.

In avvenire però per rafforzare sempre più il legame intimo dei soci, la Presidenza del Consiglio Centrale ha deciso di pubblicare le conferenze, le letture, le discussioni fatte sia nell'Assemblea Generale che nelle Sezioni, appena siano pronti i relativi disegni e la stampa, uscendo così per *fascicoli* contenenti anche una *sola memoria.*

Alla fine di ogni mese di luglio terminerebbe però sempre il volume, e ne sarebbe fatto il relativo indice.

Colla pubblicazione del 1.° volume degli Atti l'Associazione Elettrotecnica Italiana ha cominciato ad affermarsi.

Importanti lavori sia su argomenti tecnici e scientifici, che legislativi, preludenti già fin d'ora a non meno importanti discussioni, sono in istudio, e verranno comunicati alle Sezioni all'aprirsi del secondo periodo di lavoro dell'Associazione che verrà inaugurato colla II.ª Riunione annuale.

La II.ª Riunione Annuale, che sarà tenuta quest'anno in Torino il 24 settembre e seguenti, promette di riuscire non meno interessante e simpatica della I.ª, e già da tempo il Consiglio Centrale lavora per tradurre in atto il voto dell'Assemblea del 24 ottobre 97, col quale acclamava la proposta del nostro illustre Presidente on. Colombo che l'Associazione avesse a farsi iniziatrice di un Congresso Nazionale di elettricità da tenersi a Como nel 99, assieme alla III Riunione Annuale, in occasione delle Onoranze a Volta nel Centenario della Pila.

A tale Congresso saranno invitate le eminenti personalità e le Associazioni Elettrotecniche estere, fra le quali per la prima volta si troverà la nostra italiana.

A noi tutti il dimostrare che gli auguri fattici a Ginevra furono raccolti da un fertile terreno.

Milano, Luglio 1898.

Il Segretario Generale
Ing. A. Panzarasa.

Digitized by Google

PROCESSO VERBALE

dell'Assemblea Generale Straordinaria 7 Marzo 1897 in Torino

Dopo la morte di Galileo Ferraris, avvenuta il 7 febbraio corrente anno, fu dalla Presidenza dell'A. E. I., convocata una Assemblea Generale Straordinaria, colla seguente circolare, comprendente pure l'ordine del giorno.

Torino, 14 Gennaio 1897.

La S. V. è invitata a prendere parte alla solenne commemorazione di Galileo Ferraris, che, ad iniziativa del Consiglio Generale dell'Associazione Elettrotecnica Italiana in omaggio al suo compianto e venerato Presidente sarà tenuta domenica 7 Marzo in Torino, nel salone della Camera di Commercio ed Arti, via Ospedale 28, gentilmente concesso, alle ore 14,30.

Il discorso commemorativo sarà letto dal consigliere Riccardo Arnò.

Avrà quindi luogo un'Assemblea Generale straordinaria per deliberare sopra il seguente

Ordine del giorno:

I.° Proposte di onoranze a Galileo Ferraris:

a) Denominazione del campo magnetico rotante: *Campo Ferraris.*

b) Pubblicazione, sotto gli auspici dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, di tutte le opere di Galileo Ferraris, compresa la compilazione delle sue lezioni, la raccolta dei suoi discorsi, ecc.

c) Monumento grandioso a Galileo Ferraris da erigersi in Torino per sottoscrizione internazionale sotto il patronato dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, oppure ricordo marmoreo nella scuola da lui fondata e creazione, colle stesse modalità, di un premio triennale da denominarsi *Premio Galileo Ferraris.*

II.° Nomina della Presidenza della Sede Centrale.

Il Vice-Presidente
GIUSEPPE COLOMBO.

Il Segretario Generale
RAFFAELE PINNA.

Digitized by Google

La Presidenza dell'Assemblea è assunta dal Vice-Presidente dell'Associazione, on. prof. G. Colombo. Sono presenti del Consiglio dell'A. E. I., oltre che il Vice-Presidente, on. prof. Colombo, il Segretario Generale ing. Raffaele Pinna, il Cassiere ing. Alessandro Artom, i Consiglieri ing. Riccardo Arnò, Ceretti, Danioni, Panzarasa, Rumi.

Si apre la seduta alle ore 14 $^1/_2$. Il Presidente dell'Assemblea, on. Colombo, dà la parola al Consigliere prof. Arnò, che legge la commemorazione di Galileo Ferraris primo Presidente dell'Associazione Elettrotecnica Italiana.

Il prof. Arnò passa in rassegna tutta la vita di Galileo Ferraris, dedicata completamente alla scienza, fermandosi pure sulle qualità eminenti di artista e di uomo di cuore. Pone in rilievo in ispecial modo gli studi sui trasformatori e sulla differenza di fase tra forza elettromotrice e corrente, che furono il fondamento della Elettrotecnica moderna innalzatasi in pochi anni a scienza e industria grandissima. Presenta poi i cimeli dei motorini a campo rotante, gentilmente concessi dal R. Museo Industriale Italiano, sui quali Galileo Ferraris fece le prime esperienze della sua scoperta, e dimostra il carattere eminentemente scientifico della scoperta stessa, determinata dalla perfetta conoscenza che Galileo Ferraris aveva dei fenomeni luminosi.

Termina fra calorosi applausi invocando che lo spirito di Galileo Ferraris aleggi continuamente sull'Associazione Elettrotecnica Italiana.

Il discorso fu stampato, ed uscirà nuovamente negli Atti dell'Associazione Elettrotecnica Italiana.

Quindi il presidente dell'Assemblea, on. Colombo, legge il seguente Ordine del giorno proposto dalla Presidenza dell'Associazione, in merito alle Onoranze a Galileo Ferraris:

L'Associazione Elettrotecnica Italiana, riunita in Assemblea Generale straordinaria in Torino il 7 Marzo 1897 per la solenne Commemorazione del suo primo Presidente prof. Galileo Ferraris, delibera:

a) Che venga denominato *Campo Ferraris,* il campo magnetico rotante da lui scoperto ed illustrato, ed incarica la Presidenza di darne partecipazione alle consorelle straniere affinchè tale proposta venga confermata nel primo Congresso Internazionale;

b) Che *possibilmente* le opere di Galileo Ferraris vengano pubblicate sotto gli auspici dell'Associazione Elettrotecnica Italiana e a tale scopo incarica la Presidenza per la nomina delle relative Commissioni per le trattative colla famiglia, corpi scientifici, morali, ecc.

c) Di associare la propria iniziativa al Comitato Centrale per la sottoscrizione internazionale per un Monumento a Galileo Ferraris, entrando a far parte di esso Comitato.

Digitized by Google

Fa anche voti che il Comitato Centrale si allarghi invitando a farne parte Associazioni italiane ed estere.

Si decide di discutere e di votare quest' ordine del giorno separatamente.

Dopo osservazione dell'ing. Merizzi che, consiglia di usare molta cautela per non far nascere all'estero delle suscettibilità, a cui risponde l'on. Colombo ed altri, la prima parte *(a)* dell'Ordine del giorno, è votata all' *unanimità.*

La seconda parte *(b)* è votata all'*unanimità* senza discussione.

L'on. Colombo spiega in seguito che a Torino si era già formato un Comitato Generale per raccogliere i fondi per un ricordo perenne in memoria di Galileo Ferraris, per cui aveva proposto la terza parte dell'Ordine del giorno *(c)*. Fa noto poi all'Assemblea che il prof. Mengarini, pure Vice-Presidente dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, impedito di venire in persona, avrebbe desiderato che il Comitato Generale fosse completamente ricostituito dando ad esso un carattere Internazionale.

L'ing. Pirelli propone di " *domandare di entrare nel Comitato Centrale* „ e non " *di associare la propria iniziativa* „. Non approva inoltre la proposta Mengarini.

L'on. Colombo stima opportuno che l'Associazione Elettrotecnica Italiana sia incaricata della formazione del Comitato estero, e delle relative raccolte delle sottoscrizioni.

Dopo ciò, e dopo alcune osservazioni del ten.e col.o Pescetto, dell'ing. Frescot, ed emendamenti dell' on. Colombo, e dell'ing. Pirelli, viene approvata all'unanimità la terza parte *c)* dell'Ordine del giorno in merito alle onoranze a Galileo Ferraris, così modificato:

c) Di associare la propria iniziativa al Comitato Centrale, a mezzo della sua Presidenza, per la sottoscrizione internazionale per un monumento a Galileo Ferraris, entrando a far parte di esso Comitato.

Fa anche voti che il Comitato Centrale associ la propria iniziativa a quella di altre Società e corpi scientifici italiani ed esteri.

Dopo di che l' on. Colombo prende la parola per ringraziare a nome dell' Associazione tutta la stampa italiana ed estera, che ebbe parole di rimpianto e di stima per Galileo Ferraris, e propone di mandare in ispecial modo a Sylvanus P. Thompson che pubblicò nell' *Electrician* N. 978, 12 febbraio 1897, una necrologia molto importante, un telegramma così concepito:

Digitized by Google

" L'Associazione Elettrotecnica Italiana, riunita in assemblea per commemorare suo primo presidente Galileo Ferraris, manda a voi che avete scritto di lui da amico e da scienziato, suoi più vivi ringraziamenti auspicando intimi rapporti elettricisti inglesi. „

È approvato all'unanimità.

L'on. Colombo legge le dimissioni dell'ing. Pinna da Segretario Generale e dell'ing. Artom da Cassiere, i quali, (dovendo a norma dello Statuto il Presidente, il Segretario Generale, il Cassiere, appartenere alla stessa Sezione) intendono lasciar libera l'Assemblea nella scelta del Presidente.

Le dimissioni sono accettate.

L'ing. Pinna propone che si nomini a Presidente dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, l'on. Colombo (Sez. Milano).

La nomina avviene per acclamazione. Il Presidente on. Colombo ringrazia l'Assemblea.

Quindi si passa alla votazione del Segretario Generale e del Cassiere, che devono appartenere alla Sezione di Milano (Art. 11 Statuto).

Votanti 51.

L'esito è il seguente:

Segretario generale: Ing. A. Panzarasa . Voti 47
Dispersi . . . . . „ 3
Cassiere: prof. F. Grassi . . . . . „ 51

Eletti: Ing. A. Panzarasa, Segretario generale.
Prof. F. Grassi, Cassiere.

Votazione Vice-Presidente in sostituzione dell'on. Colombo nominato Presidente.

Votanti 51.

Ten.e col.o Pescetto . . . . . Voti 30
Prof. Guido Grassi . . . . . „ 21

Eletto ten.e col.o Pescetto (Sez. Torino).

Votazione Consigliere in sostituzione all'ing. A. Panzarasa, nominato Segretario generale.

Votanti 51.

Ing. Pinna . . . . . Voti 42
Dispersi . . . . . „ 9

Eletto ing. Pinna (Sez. Torino).

Digitized by Google

Il Consiglio generale riuscì così costituito:

Presidente:	On. prof. Giuseppe Colombo,	Milano,	1897-98-99.
Vice-Presidenti:	Prof. Guglielmo Mengarini,	Roma	„
„ „	Ten.e col.° Pescetto,	Torino	„
Segretario gen.:	Ing. A. Panzarasa,	Milano	„
Cassiere:	Prof. Francesco Grassi,	„	„
Consiglieri:	Prof. Riccardo Arnò,	Torino	da rinnovarsi $^1/_3$ per ogni anno (Articolo 11 Statuto).
„	Ing. Giulio Ceretti,	Milano	
„	Ing. Luigi Cauro,	Napoli	
„	Ing. Filippo Danioni,	Milano	
„	Ing. Raffaele Pinna,	Torino	
„	Prof. S. A. Rumi,	Genova	

Letto ed approvato.

Milano, 24 Ottobre 1897.

Il Presidente
G. COLOMBO.

Il Segretario Generale
Ing. A. PANZARASA.

Digitized by Google

I.ª RIUNIONE ANNUALE

24, 25, 26 Ottobre 1897 — Milano

CIRCOLARE DI COMUNICAZIONE.

Milano, Ottobre 1897.

Illustriss. Signore,

La S. V. è vivamente pregata ad intervenire alla Riunione Annuale dei Soci che sarà tenuta in quest'anno a Milano nei giorni 24, 25, 26 corr. mese e di cui unisco il programma. Da questo rileverà che oltre alla trattazione delle questioni interne della Associazione, saranno tenute letture tecniche, verrà aperta un'esposizione di apparecchi elettrici, e si faranno visite ad impianti ed a stabilimenti industriali.

Le unisco pure la Carta di riconoscimento per i ribassi ferroviari, e la tessera relativa da presentare agli incaricati delle ferrovie.

Nella speranza che Ella non mancherà di contribuire colla sua presenza alla vitalità della nostra Associazione, salutandola distintamente, mi creda

Il Presidente
GIUSEPPE COLOMBO.

Il Segretario Generale
Ing. A. PANZARASA.

Digitized by Google

PROGRAMMA I.ª RIUNIONE ANNUALE A. E. I. 1897

Domenica 24 Ottobre

Ore 9-12 — Iscrizioni per l'Assemblea, pel Pranzo sociale, per le Gite, ecc. (Via S. Paolo, 10).
„ 13.30 — Assemblea Generale Soci (S. Paolo, 10).

Ordine del giorno:

1. Comunicazioni della Presidenza.
2. Comunicazioni tecniche dei Soci:
   Prof. Guido Grassi: *a)* Sulla trasformazione della tricorrente o corrente trifase in corrente monofase. — *b)* Calcolo dell'indotto di una dinamo a corrente continua.
   Ten.e Col.o Pescetto: Sopra un nuovo accumulatore leggero.
   Prof. Riccardo Arnò: Un metodo semplice di avviamento dei motori elettrici a corrente alternata asincroni monofasi (2.ª Comunicazione con esperimenti).
3. Bilancio dell'Associazione.
4. Nomina di 2 Consiglieri in sostituzione dell'ing. Danioni e dell'ingegner Pinna — estratti a sorte — non immediatamente rieleggibili (Art. 11 Statuto).
5. Proposte varie dei Soci.

Ore 19.— — Pranzo sociale *(Iscrizione L. 8).*

Lunedì 25 Ottobre

Ore 7.10 — (Staz. Centrale) Gita Paderno d'Adda, e visita impianto Edison *(Iscrizione L. 4).*
Colazione offerta dalla Società Edison.
„ 21.— — Apertura Esposizione Apparecchi Elettrici con esperienze (S. Paolo, 10). — Trattenimento offerto dalla Sezione di Milano A. E. I.

Digitized by Google

Martedì 26 Ottobre

Ore 9.— — Eventuale II seduta Assemblea Generale, indi visita Officine Generatrici in Milano della Società Edison a P.ta Volta e S.ta Radegonda.

Dopo le 13 — Visita Stabilimenti Pirelli e C. ed esperienze alta tensione. — Belloni e Gadda — Brioschi e Finzi — Riva Monneret e C. — Tecnomasio, — ecc.

Ore 21.— — Esposizione Apparecchi Elettrici (S. Paolo, 10). Chiusura Riunione.

NB. — **Presso la Sede dell'Associazione (S. Paolo, 10) funzionerà l'ufficio per le iscrizioni dei Soci per il pranzo — gita a Paderno — e visite stabilimenti industriali, dal quale sarà comunicato ai soci l'ora precisa del ritrovo per ogni singola visita.**

Digitized by Google

ESPOSIZIONE APPARECCHI ELETTRICI

E

VISITE IMPIANTI E FABBRICHE

IN OCCASIONE DELLA

I.ª Riunione annuale 24-26 Ottobre 1897

IN MILANO

ESPOSIZIONE APPARECCHI ELETTRICI.

Alla Presidenza dell' Associazione parve che non sarebbe stato privo d' interesse l' indire tra i Soci nei locali dell' Associazione una piccola Esposizione di apparecchi elettrici, possibilmente in azione, in modo che senza rilevante spesa per parte degli espositori e dell'Associazione, i Soci potessero in breve tempo conoscere gli ultimi ritrovati dell' Elettrotecnica, riserbando alla visita dei principali impianti e stabilimenti la conoscenza delle grandiose fabbricazioni.

Lo scopo prefissosi dalla Presidenza si può dire raggiunto, specialmente per opera degli espositori stessi, i quali hanno dimostrato quanto stava loro a cuore lo sviluppo dell'Associazione.

La Società Edison installò appositamente e a proprie spese la linea ed il trasformatore a corrente alternata di modo che, in unione all'impianto a corrente continua già esistente nel locale dell'Associazione, si potevano avere a disposizione per il funzionamento dei differenti apparecchi, entrambi i generi di corrente.

La Ditta Pirelli e C. prestò gentilmente i fili per le varie condutture, la Compagnia Continentale ex Brunt diede i bracciali per le lampade, e la Società Telefonica Alta Italia mise a proprie spese il telefono senza del quale sarebbe stato impossibile l' organizzare in così breve tempo l'Esposizione.

Le case Tecnomasio, Belloni e Gadda, Brioschi e Finzi, Edison ed altre, mandarono montatori, elettricisti, la Casa Cruto inviò una grande batteria di accumulatori.

È per la gentile partecipazione di tutte le case se si poterono fare le esperienze di avviamento dei motori monofasi secondo il metodo dell'ing. Arnò, se si è potuto provare l' accumulatore del tenente

Digitized by Google

colonnello Pescetto, se si poterono provare lampadine ad incandescenza a 200 e più Volt, lampade ad arco a corrente alternata, lampade ad arco a lunga durata di carboni, lampade ad arco di 2 Ampere, ecc.

L'Esposizione rimase aperta le sere del lunedì e martedì frequentata animatamente da Soci ed invitati. Quasi tutti gli apparecchi erano in azione.

Il lunedì sera ebbe luogo l'apertura, e la Sezione di Milano volle offrire agli intervenuti uno splendido trattenimento.

Dell'Esposizione furono fatte fotografie, ed indi eliotipie, annesse al presente volume.

Facciamo seguire un elenco di tutto quanto fu esposto.

Belloni & Gadda. — MILANO.

Un *Motore Monofase*, 1 Cav., 42 periodi, 110 volt. Sospensione a bilancere, avviamento con resistenza non induttiva.

Un *Trasformatore* costruito appositamente per l'esposizione, per alimentare lampade ad incandescenza per alti voltaggi, e cioè trasformare correnti alternate a 100 Volt in correnti alternate a 150, 200, 250 Volt.

Brioschi Finzi & C. — MILANO.

Un *Motorino a corrente continua* tetrapolare, 110 Volt, 1200 giri, 1 Cav., tipo ermeticamente chiuso per marina. Spazzole carbone fisse.

Un *Motorino per corr. trifasi*, 150 Volt, $^1/_4$ di Cav., coppia ingranaggi buffalo-ghisa, per riduzione di velocità, per azionare macchine operatrici.

Ing. B. Cabella & C. — Tecnomasio Italiano. — MILANO.

Un *Galvanometro d'Arsonval* con campana di cristallo e relativo shunt. Scala trasparente per la lettura e apparato illuminante.

Un *Ponte di Wheatstone* a 24 rocchetti tipo Post-Office.

Una *Chiave d'inversione* tipo Elliott.

Una *Chiave di carica* tipo Sabine.

Una *Chiave di corto circuito* tipo Elliott.

Un *Contatore di Ampere-ore* tipo Ettore Coppa.

Un *Amperometro aperiodico tipo Weston* industriale modello grande, con shunt racchiuso nella custodia.

Un *Voltometro*, come sopra, 150 Volt.

Un *Amperometro aperiodico tipo Weston* industriale modello piccolo con shunt esterno alla custodia, 8 Amp.

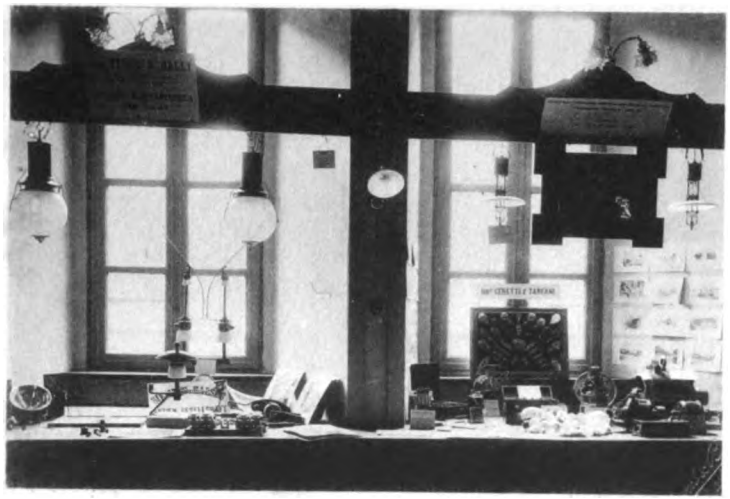
Digitized by Google

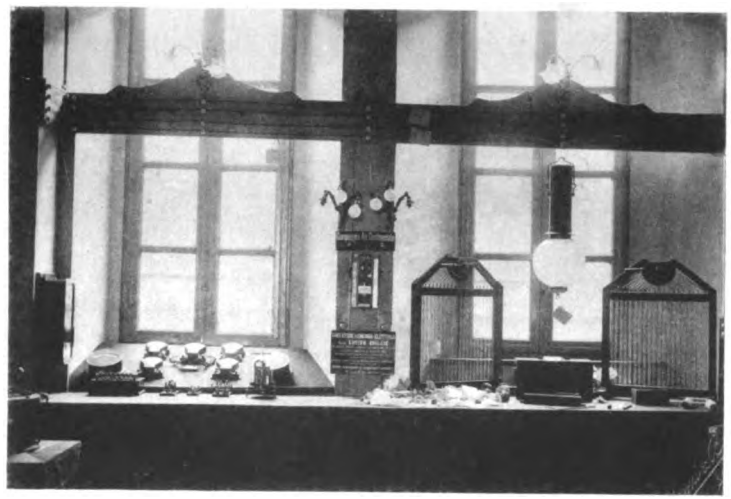
Un *Voltometro*, come sopra, 10 Volt.
Un *Millivoltometro tipo Weston-Standard*, 75 millivolt, collo zero nel centro del quadrante, servibile anche come galvanometro per ponte di Wheatstone.
Un *Voltometro tipo Weston Standard* a 3 serrafili, 150 suddivisioni corrispondenti ciascuna rispettivamente ad 1 Volt e 0,1 Volt.
Un *Amperometro tipo Weston Standard* con shunt esterno, 100 suddivisioni, 100 Amp.

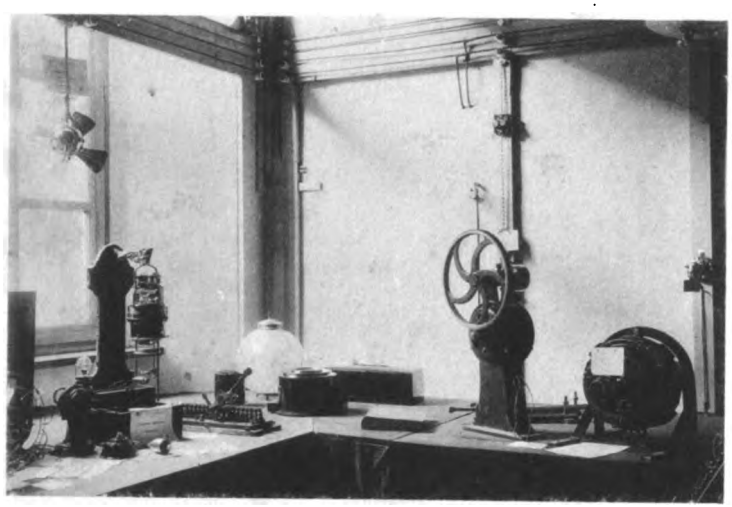
Ing.ri Ceretti & Tanfani. — MILANO.
PER LA COMPAGNIA DELL'INDUSTRIA ELETTRICA. — GINEVRA.
Un *Motore tipo R per telaio a corr. cont.*, 110 Volt, 2700 giri, $^1/_3$ di Cav., sospensione elastica, bobina induttrice unica, le espansioni polari affacciate all'indotto sono omonime.
Un *Motore per corr. alt. trifase.* 110 Volt, 45 alternaz., 1310 giri, 2 Cav.
Sei *Altri motori* vario tipo.
Un *Alternatore per esperimenti* capace di fornire correnti mono-bi-trifase.
Un *Trasformatore rotativo per corr. cont.* composto di due macchine sistema Thury, tipo M, per uso medicale. Gli avvolgimenti delle due armature callettate su un solo albero corrispondono rispettivamente a 110 Volt e 3 Amp. corr. cont., e 15 Volt e 20 Amp. corr. cont.
PER VARIE CASE COSTRUTTRICI.
Due *Lampade ad arco* da 1,5 Amp. per corr. cont.
Due *Lampade ad arco* sistema Brianne, corr. cont., 6 Amp.
Due *Lampade ad arco* sistema Brianne, corr. alt.
Un *Assortimento di lampade ad incandescenza* comuni e colorate fra cui: lampade tipo Focus da 100 a 500 Candele; lampade per alti voltaggi (215, 225, 250 Volt.)

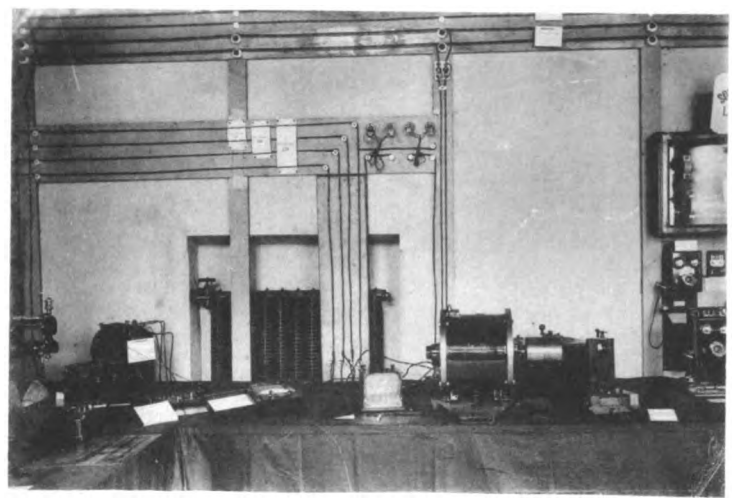
Compagnia Anonima Continentale già **Brunt & C.** — MILANO.
Un *Contatore di Energia Elettrica sistema* " *Lucien Brillié* „ per corrente continua ed alternata e per distribuzione a 2 o 3 fili, a lettura diretta in Wattore; a grande sensibilità per piccoli carichi, esattezza delle indicazioni di $^1/_{1000}$ della potenza massima, consumo ridottissimo di energia nel contatore.
Eleganti bracciali per lampade elettriche ad incandescenza (di cui due donati alla Sezione di Milano.)
Una *Lanterna elettrica* per vetture ferroviarie adottate dalla Rete

Digitized by Google









ELIOT. CALZOLARI E FERRARIO

I.ª Riunione Annuale A. E. I. - 24 Ottobre 1897 - MILANO.

ESPOSIZIONE APPARECCHI ELETTRICI.

Digitized by Google

Digitized by Google

Mediterranea con veilleuse e apparecchio automatico per l'accensione della lampada di scorta in caso di rottura della principale. Disposizione adatta per la rapida sostituzione delle ciambelle ad olio nel caso d'interruzione della corrente.

C.ia Babcock & Wilcox (Rapporto Ingegner E. De Strens). — MILANO.

Un *Modello di caldaia* Babcock e Wilcox.
Una *Testata* in ferro fucinato per 6 tubi.
Tre *Tappi autoclavi* completi.
Due *Barre di griglia* ondulate.
Diversi campioni di materiali usati nelle Caldaie Babcock e Wilcox dopo le prove di resistenza.

Fabbrica di accumulatori elettrici Sistema Gottfried Hagen. Giovanni Hensemberger. — MONZA.

Una *Batteria di accumulatori trasportabili* per l'illuminazione delle vetture ferroviarie. Capacità 130 Amp.-ore. Corrente carica 15-18 Amp. Corrente scarica occorrente per le vetture 7 Amp., 23 Volt. (Tipo per la Rete Mediterranea.)

La Batteria alimentava la lanterna elettrica esposta dalla Compagnia Anonima Continentale, già Brunt & C.; la lanterna era munita di contatore orario e interruttore tipo R. M.

Campioni di placche positive e negative sistema Gottfried Hagen.
Campioni di accumulatori trasportabili tipo Gottfried Hagen.

Fabbrica Nazionale di Accumulatori " Brevetto Tudor „ — GENOVA.

Una *Placca positiva Tudor*, peso 11 Kg., dell'effetto garantito di 74 Amp. di scarica per un'ora, 148 Amp. di scarica per 10', 222 Amp. di scarica per 1', 45 Amp. di carica al massimo.
Una *Placca positiva Tudor*, peso Kg. 3, dell'effetto garantito di 16 Amp. di scarica per un'ora, 32 Amp. di scarica per 10', 48 Amp. di scarica per 1', 102 Amp. di carica al massimo.
Due *Fotografie* della Batteria a repulsione dell'Officina tramviaria di Roma.
Un *Album* certificati.

Emilio Foltzer. — MEINA.
Vari tipi di lubrificanti.

Digitized by Google

Guidetti e Silvano. Studio di Ingegneria. — TORINO.

Un *Trasmettitore* elettrico di segnali per navi, tiri bersaglio e trasmissione d'ordini in generale, composto di un *trasmettitore* propriamente detto e di un *ricevitore* unito fra loro elettricamente per mezzo di un canapo a più fili.

Ing.ri Guzzi, Ravizza & C. — MILANO.

Una *Dinamo a corrente continua* tipo Guzzi, 20 Amp., 50 Volt, giri 2500.

Un *Motore trifase*, 110 Volt, 42 periodi, $^2/_3$ di Cav., 1200 giri.

Un *Regolatore automatico di campo magnetico* (tipo Guzzi) per dinamo a corrente continua da 110 Volt e 70 Amp.

Un *Oscillometro a giroscopio elettrico* destinato a misurare le oscillazioni di rullio e di beccheggio delle navi.

Fotografie di macchine elettriche d'impianti.

Dott. Carlo Luraschi. Gabinetto di Elettricità medica. — MILANO.

Elettrodi vari per elettroterapia per correnti continue a grande intensità, fatti di caoutchouc, creta e rivestiti di cartapecora.

Radiografie varie (di un proiettile nel cranio, di un proiettile in una mano, ecc., ecc.).

Fotografie varie del proprio gabinetto di elettricità medica (sale, apparecchi, macchine, ecc.).

Pubblicazioni diverse dell'espositore su vari argomenti di elettricità medica.

Ercole Marelli. — MILANO.

Un *Ventilatore tipo* " *Ciclone* „ brevetto Marelli a sospensione girevole per ventilazione circolare funzionante per corr. cont. a 110 Volt, 0,4 Amp., giri 1700, diametro ventola 30 cent.

Un *Ventilatore tipo* " *Eolo* „ da tavolo funzionante come sopra.

Un *Ventilatore tipo* " *Buffa* „ da parete con movimento sferoidale per dirigere la colonna d'aria in qualsiasi direzione funzionante come sopra.

Un *Aspiratore tipo* " *Uragano* „, portata 25 mc. d'aria al 1', corr. cont., 0,4 Amp., 110 Volt.

Officina Elettrica Galileo. — FIRENZE.

Un *Freno elettromagnetico* del Prof. Luigi Pasqualini.

Digitized by Google

ELIOT. CALZOLARI E FERRARIO

I.ª Riunione Annuale A. E. I. - 24 Ottobre 1897 - MILANO.

ESPOSIZIONE APPARECCHI ELETTRICI.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ing. A. Panzarasa. — Studio Elettrotecnico Consulente. — Milano.

Disposizione di istrumenti per collaudi di impianti elettrici a corrente alternata ad alta tensione.

Una *serie di strumenti* a disposizione delle esperienze della riunione di fabbriche nazionali ed estere.

Due *Wattometri Ganz e Co.* per varie intensità di corrente.

Due *Elettrodinamometri Siemens e Halske* per varie intensità di corrente.

Cassette di resistenze per i Wattometri per alte tensioni.

Un *Voltometro Weston* per corr. alternate.

Cassette di resistenze per detto per alte tensioni.

Un *Amperometro calorifico*, lettura orizzontale, e relativi Shunt per varie scale (corr. alternata).

Un *Millivoltometro Weston* a doppia scala (zero nel mezzo).

Resistenze campioni Wolff tipo Reichsanstalt per misura resistenze piccole, e grandi intensità di corrente (corr. continua) 1, $^1/_{10}$, $^1/_{100}$, $^1/_{1000}$, etc. Ohm.

Voltometri e Amperometri tipo Weston, per corr. continua, Ponte Wheatstone portatile, per misure resistenze e isolamenti.

Tachimetri, termometri, morsetti speciali per giunzioni apparecchi di precisione ai fili e sbarre dei quadri impianti da collaudarsi, etc., etc.

Pirelli & C. — Milano.

a) *Quadro* con vari tipi di *fili elettrici* con tessili, caoutchouc, gutaperca, ecc., *cavi armati* per condutture sotterranee a bassa ed alta tensione, per tutte le applicazioni dell'elettricità. *Cavi sottomarini.* Del quadro venne fatto dono alla Sezione di Milano.

b) *Una raccolta di guasti* avvenuti nei cavi telegrafici sottomarini in manutenzione della Ditta, e una *collezione di animali* che vivono sui cavi, alcuni dei quali corrodendone la juta e la guttaperca son cagione dei guasti.

c) *Istrumenti* disegnati dall' Ing. E. Jona e costrutti nell'officina della Ditta e cioè

1) *Un Voltometro elettrostatico* montato per 25000 Volt e che con un peso supplementare può misurare sino 50000 Volt.

2) *Un Amperometro termico* per misure di deboli correnti anche oscillatorie. Lo strumento si può disporre in differenziale per paragonare due correnti.

3) *Chiave universale* per misure su cavi sottomarini.

Digitized by Google

Ing.ri Porro & Galli. — Studio di Ingegneria Civile-Industriale Elettrica. — MILANO.

2 " *Lampade ad arco nel mezzo vuoto* „; l'arco si produce sotto una campanella di ferro la quale raccoglie i gas della combustione ed impedisce il consumo rapido dei carboni.

Una " *Lampada ad arco nel vuoto* „, l'arco ha luogo in un tubo di cristallo a chiusura quasi ermetica; tensione ai morsetti della lampada 80-90 Volt. Consumo dei carboni ridotto a circa $^1/_{20}$ del consumo dei carboni nell'aria libera.

Fanali elettrici portatili.

Batterie d'accumulatori e fanali per l'illuminazione dei veicoli.

Ing. G. Raimondi. Rappresentante la ditta FRATELLI BOELER & C.

Campioni e fratture di acciai per costruzione di macchine elettriche, in due quadretti donati alla Sezione di Milano.

Ing. A. Riva Monneret & C. — MILANO.

Giunto elastico Zodel per l'accoppiamento diretto delle turbine alle dinamo.

Fotografie varie di turbine costruite dalla ditta per stabilimenti, officine generatrici di Elettricità, etc.

Ing. Sessa e Trona, Bertuzzi & C. — MILANO.

(Come rappresentanti la SOCIETÀ D'ELETTRICITÀ ALIOTH DI BASILEA.)

Una *Commutatrice Laboratoire* tipo L 5, atta a trasformare 14.4 Amp. a 200 Volt e 1400 giri corrente continua, in correnti mono-bi-trifasi e viceversa.

Un *Motore trifase* assorbente 9 Amp. a 120 Volt, 1450 giri, sviluppante 1 Cav.; resistenza d'avviamento separata.

Società Anonima di Elettricità già Schuckert & C. — NORIMBERGA.

Tre *Lampade ad arco* differenziali da 12 Amp. di cui 2 funzionanti ed una smontata.

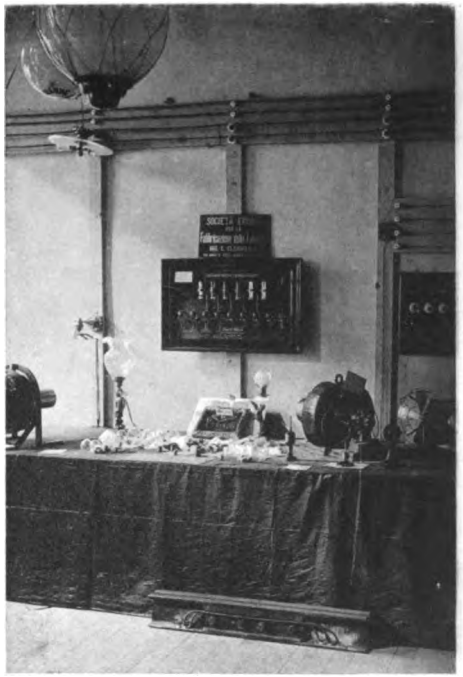
Un *Interruttore a rulli* per alte tensioni (fino 5000 Volt.)

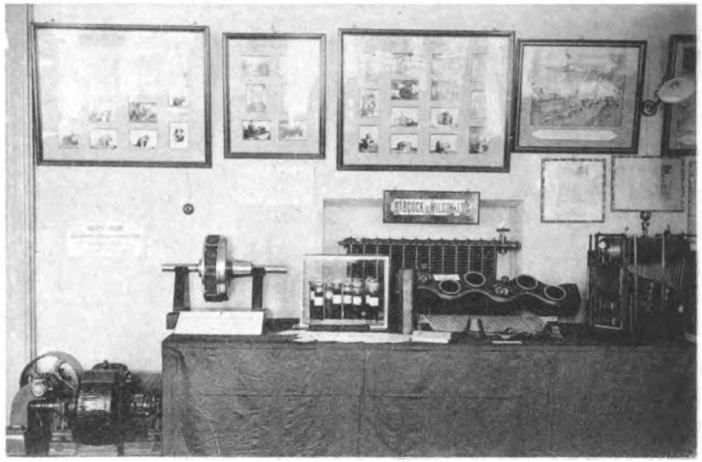
Un *Contatore di energia elettrica a motore* per corrente continua e alternata.

Società Anonima Siemens & Halske. — BERLINO.

Un *Parafulmine a spegnimento automatico a corna* per impianti a corr. altern. a tensioni non inferiori a 2000 Volt.

Digitized by Google





Digitized by Google

ELIOT. CALZOLARI E FERRARIO

Digitized by Google

Un *Interruttore automatico* per linee aeree pel caso di rottura di un filo di linea.

Una *Cassetta di derivazione* con valvole per corr. cont. a tre fili per derivare varie condutture secondarie da una principale negli impianti interni a bassa tensione, corrispondente alle prescrizioni del Verband Deutscher Elektrotechnicher.

Fotografie di impianti della Ditta.

Società Ceramica Richard-Ginori. — MILANO-DOCCIA.

N. 225 *Tipi di isolatori* di cui:

61 *Tipi di isolatori* a campana,
33 „ „ „ a carrucola,
15 „ „ „ a rocchetto,
19 „ „ „ a fissafili,
21 „ „ *basi isolanti* per valvole, interruttori, ecc.,
9 „ „ *tastiere* con o senza pulsante,
7 „ „ *piedini* isolanti vari,
65 „ „ *isolatori* vari.

N. 7 *Tipi di vasi porosi.*

Società Edison. — MILANO.

Un *Giunto elettrico per rotaje* a 2 conduttori saldati a forte sul piede delle rotaie (tipo impiegato a Milano).

Società Edison per la Fabbricazione delle Lampade.
Ing. C. Clerici & C. — MILANO.

Un *Quadro dimostrativo* delle diverse operazioni nella fabbricazione delle lampade ad incandescenza. Il quadro fu donato alla Sezione di Milano.

Lampade ad incandescenza ad alta tensione con doppio filamento.

Lampadine ad incandescenza a fiamma da 22 a 52 Volt e da 110 a 115 Volt.

Lampadine ad incandescenza a fiamma con doppio filamento; a tortiglione, per uso medicale, per giocatoli, per veilleuse, per ornamenti, per servizio pompieri, ecc.

Lampade ad incandescenza di tipo normale smerigliate a colori diversi.

Società Edison per la fabbricazione di Macchine ed Apparecchi Elettrici. — C. Grimoldi & C. — MILANO.

Un *Motore a corrente continua,* tipo bipolare 06, eccitato in shunt,

Digitized by Google

spazzole di carbone, 110 Volt, potenza 4,5 Cav. eff., giri 1000, con riduzione di movimento da 1:25.

Un *Motore come sopra*, tipo 04, potenza 2 Cav. eff., 110 Volt, 1200 giri.

Un *Ventilatore elettrico centrifugo* a corr. cont., tipo n.° 2 della Regia Marina. Portata 30 mc. Depressione 30 mm. d'acqua.

Un *Ventilatore da tavolo* a corr. cont., 110 Volt, tipo da $^1/_{12}$ di Cav.

Un *Ventilatore da tavolo* a corr. alt., 110 Volt, tipo da $^1/_{12}$ di Cav.

Parti di ventilatori (bobine, collettori, ecc., ecc.).

Un *Quadro* contenente *accessori elettrici* in genere (portalampade con e senza chiave, valvole unipolari, e bipolari Edison, interruttori a scatto tipo Americano, interruttori tipo Thomson, interruttori a pera, deviatori, ecc.).

Società Italiana di Elettricità Sistema Cruto. — ALPIGNANO.

Vari tipi di lampade ad incandescenza per diverse tensioni fino a 200-240 Volt.

Una *Lampada ad arco* per corrente continua, tipo Michl.

Strumenti di misura vari (un voltometro, un amperometro, ecc.).

Un *Elemento di accumulatore* a rapida carica e scarica del Ten. Col. Pescetto tipo 3 RPR.

Società Tecnico-Industriale Italo-Svizzera. — MILANO.

Due *Lampade ad arco* a lunga durata di carboni. " Brevetto Jandus. „

Società Telefonica per l'Alta Italia. — MILANO.

Un *Apparato a colonna padronale* con microtelefono combinato dalla fabbrica " *J. Berliner* „ di Vienna.

Un *Apparato a tavolo* della casa " *The Antwerph Telephon Co.* „ con microfono Grünenwald.

Un *Apparato a muro*, idem.

Uno *Scaricatore per apparecchio*, montato su lastra d'ebonite con valvola da $^3/_4$ d'Ampere.

Un *Campione di cavo aereo antinduttivo* per 100 abbonati, della Ditta " *Felten & Guilleaume* „ funzionante per il quartiere di P. Genova e P. Ticinese in Milano.

Un *Campione di giunzione per cavo sotterraneo* con coprigiunti sistema " *Felten e Guilleaume* „.

Digitized by Google

VISITA IMPIANTI E FABBRICHE

Il programma delle visite agli impianti e fabbriche, fu così stabilito:

Lunedì: Gita Paderno.

Martedì: Ore 8 1/2 Visita Officina Generatrice Società Edison Porta Volta.
„ 9 1/2 Fabbrica macchine elettriche Brioschi e Finzi.
„ 10 1/2 Fabbrica turbine Ing. Riva, Monneret e C.
„ 13 Stabilimento, gomma, fili, cavi elettrici, Pirelli e C.
„ 15 1/2 Fabbrica macchine elettriche Belloni e Gadda.
„ 18 Centrale telefonica Società Alta Italia.

Agli altri stabilimenti e fabbriche di Milano, quali il Tecnomasio, Officina S. Radegonda della Società Edison, etc., fu permessa la visita ai Soci mediante presentazione della tessera sociale, anche nei giorni susseguenti alla chiusura ufficiale della Riunione, che doveva aver luogo alla sera del martedì 26 ottobre.

Per la gita di Paderno la Società Adriatica mise gentilmente a disposizione dell'Associazione vetture di 1.ª classe a vece che di 2.ª. Si partì da Milano alle ore 7.10 per arrivare alla Stazione di Paderno d'Adda circa alle 9, donde a piedi costeggiando l'Adda, e passando prima sotto allo splendido *ponte in ferro ad arco*, che prende pur esso il nome di Paderno, si raggiunsero le opere *di presa* dell'impianto che è illustrato completamente nel presente volume.

La Società Edison ha voluto con una cortesia veramente squisita far accompagnare i visitatori dai propri ingegneri che diedero a tutti le necessarie spiegazioni, ed infine offrire sul terrazzo prospiciente il grandioso sfioratore, e il fabbricato delle turbine e delle dinamo, una eccellente colazione al termine della quale brindarono l'ing. Esterle ricordando l'infelice ing. Carli, — primo autore del progetto, — indi il venerando ing. Pestalozza ed altri.

Nel giorno 26 i Soci visitarono l'Officina di P.ª Volta della Società Edison, della quale apparirà in uno dei primi fascicoli del volume II degli Atti dell'Associazione, una illustrazione completa con disegni, fatta dall'egregio direttore tecnico ing. Bertini, e quindi le fabbriche di macchine elettriche Brioschi e Finzi, e Belloni e Gadda, organizzate completamente con criteri moderni, nelle quali i Soci ebbero campo di vedere in fabbricazione dinamo, motori a corrente continua ed alternata.

Digitized by Google

Nella visita allo stabilimento dell'ing. Riva, Monneret e Co., il quale si occupa già da molto tempo in modo così distinto della costruzione di turbine di qualsiasi specie, di ruote tipo Pelton, ecc. e dei relativi regolatori automatici, i Soci ebbero la fortuna di vedere tra l'altro gran parte da pezzi delle turbine per Paderno, turbine da 2160 cavalli.

Il resto della giornata fu impiegato a visitare il grandioso stabilimento Pirelli e C., dove i soci poterono farsi un concetto della fabbricazione dei vari tipi di fili e cavi isolati, e di alcuni fra gli svariati prodotti fabbricati dallo stabilimento.

Prima che i Soci lasciassero quell'immensa accolta di fabbricati, nel gabinetto elettrico dello stabilimento il capo elettricista egregio ing. Jona volle cortesemente eseguire alcuni esperimenti ad alta tensione, con apparecchi sino a 70000 Volt, producendo archi a 13000 Volt, archi trifori, archi e scintille sino a 60.000 Volt, facendo notare le perturbazioni che possono essere portate a questi fenomeni da diverse radiazioni, come corrente d'aria calda, raggi di Röntgen, etc., e finì poi con esperienze ad alta tensione e grande frequenza, mediante un trasformatore tipo Tesla alimentato dalla scarica di una grossa batteria di condensatori.

Da ultimo, i Soci gentilmente ricevuti da alcuni membri del Consiglio di Amministrazione della Società Telefonica Alta Italia, visitarono la Centrale Telefonica di Milano, della quale speriamo poter dare una descrizione completa nel II. volume degli Atti.

A tutte le Amministrazioni di Società, a tutte le Ditte che gentilmente vollero concorrere alla riuscita dell'Esposizione e delle visite a impianti e stabilimenti la Presidenza della Associazione sicura di interpretare anche il sentimento di tutti i Soci, è lieta di ripetere qui i suoi più vivi ringraziamenti.

La nostra Associazione non mancherà certamente al proprio scopo se avrà costantemente la partecipazione e l'interessamento dell'industria elettrica, la quale è diventata oggi una delle fonti principali di studii e di ricerche.

Il Segretario Generale
Ing. A. PANZARASA.

Digitized by Google

Digitized by Google

G. Ferraris

GALILEO FERRARIS

I.° Presidente dell'Associazione Elettrotecnica Italiana.

nato a Livorno Vercellese (Piemonte) il 31 Ottobre 1847
morto in Torino il 7 Febbraio 1897.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

COMMEMORAZIONE

DI

GALILEO FERRARIS

FATTA

nell'Assemblea Generale in Torino il 7 marzo 1897

DAL CONSIGLIERE

RICCARDO ARNÒ

GENTILI SIGNORE, SIGNORI,

L'Ufficio di Presidenza della nostra Associazione, interprete del sentimento di venerazione ineffabile che suscita in noi la memoria di GALILEO FERRARIS, gloria e vanto della Scienza de' tempi nostri, mi ha voluto affidare l'incarico di intrattenervi di lui — troppo presto scomparso fra il compianto universale — la cui opera nelle discipline nostre fu quella divinatrice del genio; di Lui che, spirito eminentemente scientifico e soavemente poetico ad un tempo, seppe far progredire la scienza e renderla cara; di Lui che ha lasciato tanti ricordi, e vivissimi, di simpatia e di affetto; di Lui che, metèora luminosa, rifulse per poco su tutto il mondo dell'umano sapere, e così improvvisamente si spense, con dolorosa sorpresa di quanti in Lui ammiravano non soltanto il forte genio, ma l'alta gentilezza dell'anima, ma il nobile cuore di poeta e d'artista!

Ed io, indegnissimo di parlare di quel Grande, ho accettato, perchè Galileo Ferraris, con bontà pari al suo ingegno, si è cotanto degnato in sua breve vita da volermi bene e chiamarmi amico. Mai seppi a che ascrivere quella felicità suprema che mi fu dato di gustare. Mi domandavo di frequente: perchè? E non vedendomi neppur lontanamente meritevole di un premio così infinitamente bello, dubitando di un sogno, correva a Lui: e tosto il mio cuore si riempiva di gaudio intenso, di gioia suprema. Quel Sommo mi faceva penetrare nel suo pensiero, mi faceva vivere della sua vita intellettuale, mi apriva il suo cuore, mi confidava le sue gioie e i suoi dolori, mi insegnava a leggere nel misterioso libro della natura, e in me ver-

Digitized by Google

sava tutta la sua anima vibrante di scienziato profondo, di poeta gentile, di artista squisito. E tanto era il fascino che in me destava quel gran cuore generoso, quella mente suprema, che l'animo mio ne rimaneva siffattamente commosso da non trovare altre parole per rispondere al Maestro che " grazie „, mentre il cuore piangeva di contentezza e la mente andava ripetendo col Poeta:

O Sol che sani ogni vista turbata,
Tu mi contenti sì quando tu solvi,
Che non men che saver dubbiar m'aggrata.

Ma come è possibile commemorare degnamente Galileo Ferraris, oggi che pochi giorni soltanto ci sèparano dal dì crudele, in cui la morte lo colpiva? Solo alcuni giorni trascorsero dacchè noi potevamo avvicinare Quegli che fu uno dei più potenti ingegni del secolo nostro, che ci era dato pendere dal suo labbro e udirne la parola rivelatrice dei veri della scienza. Ad un tratto questa fortuna si spezza, l'incantesimo cessa e più non possiamo vedere l'adorato Maestro, più non possiamo a lui rivolgere la parola. E, sentendo vieppiù terribile il vuoto, vinti da tanto dolore e da tanta ambascia, andiam ripetendo:

Lo vidi e gli parlai.

È ora possibile che io degnamente commemori Galileo Ferraris, io che ebbi l'orgoglio di essergli discepolo devoto ed affezionato, io che tanto lo amai, io che ho lo schianto nell'anima, ed a cui le parole vorrebbero uscire irrorate dalle lacrime del dolore, sì da dire col Poeta:

Parlar e lagrimar vedraimi insieme?

Ma, o Signori, gli uomini come Galileo Ferraris non si piangono soltanto. Si onorano, e si tenta, per quanto è possibile, di imitarli, ad essi dedicando un culto perenne.

Se la morte ci ha involato Galileo Ferraris, noi sentiamo che nell'avello non è scesa che la sua salma, perchè l'inclito suo Spirito rimane vivo tra noi, e Dio vorrà che gli insegnamenti suoi siano da noi custoditi e perpetuati. L'immenso lavoro che Egli ha compiuto con sacrifizi ed abnegazione degna del suo gran cuore, l'immane fatica che egli fece nel trarre dal *caos*, in cui nacque la moderna Elettrotecnica, dei fasci di luce vivissima, che ci sono ora di guida sicura, sono tale eredità che a noi impone il più sacro dei doveri.

Digitized by Google

Innanzi ci stanno la grandezza delle vittorie che, nel campo della scienza, Egli ha conseguito, le meravigliose scoperte che fanno del nome suo un nome dall'umanità benedetto, il pregio dei beni che sono il frutto della grande opera sua: innanzi ci stanno, e ci concedono il grande conforto, in mezzo al lutto profondissimo, di pensare che i posteri scriveranno una pagina immortale ad onore di Lui ed a proprio ammaestramento, e che riverenti s'inchineranno, con effusione di affetto, alla gloria imperitura, purissima ed immacolata, che Egli ha lasciato al suo nome.

Galileo Ferraris nacque il 31 ottobre 1847 in Livorno Vercellese da una virtuosa, laboriosa e severa famiglia, dalla quale Egli ed il fratello Adamo appresero quel culto sublime della patria e del dovere, che fu la guida santa di tutta la loro vita.

Nel dire dei primi anni di sua giovinezza e della venerazione profonda, dell'affetto intensissimo che egli nutriva per i suoi cari, io non vo' che ricordare le parole amorevolmente soavi e piene di dolcezza — il cuore, da esse profondamente penetrato, me le invia di continuo sul labbro — che Egli, or è pochissimo tempo, compiacevasi rivolgere ai suoi diletti compaesani riuniti festanti per rendergli onore:

" Voi mi accogliete per la seconda volta, qui nella terra dove " nacqui, dove dorme mia madre, mio padre; dove mi legano i più " santi ricordi; dove l'aria che mi riempie i polmoni è quella che " dilatò il petto al mio primo sospiro; dove provai le prime gioie e " i primi dolori; dove ogni cosa mi parla un linguaggio più intimo " e profondo; qui dove il vostro saluto echeggia nella mia casa e " mi rammenta il sussulto che provavo quando vedevo sul volto di " mio padre brillare un raggio di contentezza... „

In queste meste evocazioni si rispecchia tutto l'animo suo delicato e gentile; e par quasi un fatale saluto che Ei mandasse alla sua cara terra natia, come presago di rivederla per l'ultima volta!

E di vivissimo affetto era il legame che lo univa al fratello Adamo. L'eroica e vivace figura di questo, e quella gloriosa e serena di Galileo parevano completarsi e corrispondersi, per una comunanza di aspirazioni, che indicava loro una meta alta e sublime, ch' essi raggiunsero per diverse vie, entrambi ispirati dai nobilissimi sensi della patria e del bene.

Ma, pur troppo, tale unione fraterna doveva spezzarsi ben presto! Adamo Ferraris, dopo aver combattuto con Garibaldi nel 1866 in

Digitized by Google

Val di Ledro, poi a Monterotondo ed a Mentana, cadeva gloriosamente a Digione nel 1870! Fu quello un dolore vivissimo, che colpiva il nostro Galileo nella sua prima giovinezza e che vieppiù fortemente temprò il nobile suo carattere.

Intanto in quegli anni si apriva la carriera del Ferraris, il quale cominciava a farsi onoratamente conoscere nella scienza. Consacratosi con passione agli studi fisico-matematici, pei quali aveva speciale attitudine, dimostrava ben presto l'ingegno suo profondissimo.

Non appena Egli aprì gli occhi alla scienza, intuì che il fisico, il matematico, l'ingegnere doveva far convergere i suoi sforzi a domare, nei rapporti con lo spazio, le forze inuniformemente distribuite dalla Natura sulla Terra; e a questo alto ideale, a quest'arduo scopo sempre rivolse tutto sè stesso.

E dai rudimentali e complicati e costosi mezzi di trasmissione con ruote e corde che avevano un campo ristrettissimo, da fluidi compressi che allargarono alquanto il campo delle applicazioni, alla trasmissione eterea dell'energia, la quale può dirsi non avere limiti, la strada percorsa dal pensiero di Galileo Ferraris fu immensa e sempre illuminata dal genio potente, che di continuo appare in tutte le sue opere.

L'energia, questo principalissimo fra i grandi fattori di tutto quanto esiste, quest'anima *agitans molem* della materia inerte, e senza la quale tutto nell'universo sarebbe come se non fosse, questo elemento indefinibile nella sua essenza vera e che Natura distribuisce in proporzioni e modi così irregolari e inadatti ai bisogni della Società umana, l'energia, che è tutto per noi, deve dall'uomo potersi agevolmente trasmettere e distribuire dappertutto ove egli voglia, e, docile strumento nelle sue mani, deve da lui potersi utilizzare dove, e come meglio, gli aggrada: cosicchè il calore, trasmessoci continuamente dal sole, ad innalzare le acque dei mari sulla vetta dei monti — l'energia dal sole distribuita sotto forma di quella roccia fluente che è l'acqua — ben abbia a potersi sostituire, con risparmio rilevantissimo, al calore dei secoli remotissimi — all'energia nel carbon fossile accumulata e sepolta sotto profondi strati della superficie della Terra.

Questo fu il pensiero che primo balenò alla mente di Galileo Ferraris, quando, giovanissimo, ma già nutrito di forti studi, volle avventurarsi nella rude lotta — che solo allo scienziato vero è dato combattere — contro l'ignoto, contro quel formidabile nemico dell'uomo, che distrutto si reincarna in forma sempre nuova, che, come Anteo, risorge a vita novella quando procombe al suolo.

Digitized by Google

Tale pensiero di fare la forza mancipia all'uomo, di creare per essa organi e mezzi che dessero modo di esercitare su di essa, in rapporto allo spazio, una azione disciplinatrice e distributrice paragonabile a quella che, per rispetto al tempo, fu il volante nelle macchine che generano e trasformano il moto, tale pensiero, dico, fu quello intorno a cui si travagliò senza interruzione, e con pertinacia di apostolo e con successo insperato, in tutta la sua troppo breve durata, la mente poderosa del grande scienziato.

Giovanissimo, fa suo il grande motto di Hirn: " La force motrice fut toujours localisée, d'or en avant elle sera mobilisée „, e ad esso informa il suo primo lavoro, una pregevolissima Memoria sulle *Trasmissioni telodinamiche di Hirn*, che presenta quale dissertazione per ottenere la laura di Ingegnere Civile, che Ei consegue a 22 anni con esito splendidissimo nella Scuola d' Applicazione di Torino.

Al faro luminoso di quei concetti, che lo attrassero nell'età giovanile e che sono oggi tanta parte della Elettrotecnica, Egli tenne sempre fisso lo sguardo.

Ben tosto però, riconosciuti troppo stretti i limiti nei quali la trasmissione dell'energia si sarebbe potuta effettuare con organi puramente meccanici, con l'intermezzo, cioè, di materia ponderabile, il genio vastissimo di Galileo Ferraris si volge all'imponderabile, all'ètere, per cui i limiti di tanto si estendono, che, si può dire, quasi spariscono.

Ed è allo studio delle proprietà di quell' ètere — che più tardi Ei doveva uniformare ai voleri del suo genio per dare all' umanità il mezzo di trasmettere economicamente l'energia a grande distanza, per mezzo di ruote e corde di materia imponderabile, di solo ètere costituite — è a tale studio, dico, che Egli, chiamato a coprire la carica di assistente del professore Codazza, prende ben tosto a rivolgere la sua mente.

E due anni dopo la sua laurea, in seguito alla pubblicazione di alcune *Note*, Egli presenta, per l'aggregazione alla Facoltà di Scienze nell'Università di Torino, un importantissimo lavoro: *Sulla teoria matematica della propagazione dell' elettricità nei solidi omogenei.* Nella quale Memoria di eccelso valore, che gli valse a conquistare quel titolo e che richiamò tosto sul suo nome l'attenzione dei dotti, Egli trova, fra gli altri risultati, espressa la velocità, con cui gli stati elettrici si trasmetterebbero lungo i conduttori, se fosse possibile che questi fossero privi affatto di resistenza, da un numero che differisce da quelli stati trovati per la velocità della luce negli spazi

Digitized by Google

interstellari di una quantità molto inferiore agli errori probabili di osservazione.

E di quell'ètere, che Egli, matematico profondissimo, contribuiva con quel suo notevolissimo lavoro a preconizzare quale mezzo propagatore tanto della luce e del calor raggiante, quanto delle forze elettriche e magnetiche; di quell'ètere, che Egli fin d'allora divinava col Maxwell quale veicolo universale di tutte le energie; di quell'ètere di cui egli diceva col Lamé: " Il n'est donc plus possible d'ar- " river à une explication rationelle et complète de la nature physique " sans faire intervenir cet agent, dont la présence est inévitable „; di quell'ètere, oggi, dopo le memorabili esperienze di Hertz, non solo è indiscussa l'esistenza, e la sua presenza dappertutto, ed il suo intervento in tutti i fenomeni fisici, ma ne conosciamo le proprietà meglio che pei corpi ponderabili. Sta invero il fatto, e qui ripeto le parole del Maestro, che, " pur non conoscendo il meccanismo delle vibrazioni elettromagnetiche dell'ètere, noi però sappiamo che tale meccanismo funziona in base a leggi che si compendiano in formole assai più semplici di quelle che regolano i corpi elastici. Onde verrà il giorno in cui, per mezzo delle proprietà dell'ètere, si troverà modo di spiegare le proprietà dei corpi ponderabili „.

Intanto noi vediamo il Ferraris incominciare a dedicarsi più specialmente allo studio di quei fenomeni eterei, a cui prende parte attiva la retina del nostro occhio. E dallo studio indefesso e tenace dei fenomeni luminosi Ei ritrae ben tosto preziosissima messe: chè veri gioielli scientifici sono i due lavori di ottica che egli diede alla luce negli anni 1877 e 1880.

Il primo, il trattato intitolato: *Le proprietà cardinali degli strumenti diottrici*, che è un modello di semplicità, di chiarezza e di rigore scientifico, fu quello che gli aprì le porte della celebrità all'estero.

In quest'opera, la più completa tra quante furono pubblicate, in Italia e fuori, prima di quell'epoca, il Ferraris si è proposto di esporre in modo del tutto elementare la teoria di Gauss, che non aveva avuto fino allora che una assai scarsa diffusione: e riuscì a dimostrare geometricamente, e colla massima generalità (emancipandosi completamente dalle coordinate cartesiane), tutte le proporzioni fondamentali sulle quali si appoggia la teoria gaussiana.

L'importanza dell'opera fu subito riconosciuta: e, poco tempo dopo la sua pubblicazione, essa veniva tradotta in tedesco dal professore Lippich dell'Università di Praga.

Il secondo lavoro: *Sui cannocchiali con obbiettivo composto di più lenti a distanza le une dalle altre*, è una Memoria importan-

Digitized by Google

tissima sia dal lato teorico sia dal lato pratico. In essa il Ferraris tratta il problema del "cammino di un raggio rifratto attraverso un sistema qualunque di lenti centrate„, e stabilisce le formole, affatto generali e semplicissime, che servono a calcolare la distanza focale e la posizione dei piani principali del sistema composto. Indi ne fa applicazione al cannocchiale anallatico, di cui dà la teoria completa ed esatta; e poscia, preso a trattare il problema affatto nuovo di comporre un obbiettivo con due lenti a distanza in modo da ottenere un ingrandimento del cannocchiale maggiore di quello che si avrebbe con un obbiettivo ordinario, dimostra pel primo, sia con l'applicazione delle sue formole generali, sia mediante considerazioni geometriche affatto elementari, la possibilità di risolvere praticamente l'importante questione.

Ma ben altri frutti di inestimabile valore doveva aspettarsi il Ferraris di ricavare dal profondissimo suo studio nel campo dell'ottica. La completa e perfetta conoscenza di tutte le questioni riguardanti questa parte della fisica, lo doveva infatti condurre un giorno alla grande scoperta, che da sola era bastante a procacciargli l'immortalità.

In quell'epoca intanto incominciava a porre salde radici nella mente del grande scienziato il concetto di differenza di fase fra due movimenti sinusoidali. Il quale concetto — che d'allora in poi non abbandonò più la mente del Ferraris, e che egli ebbe per primo, fra tutti, allorquando si incominciarono ad introdurre nella pratica le correnti alternative — doveva servirgli di base a tutta la meravigliosa serie di ragionamenti, che lo condussero alla scoperta del campo magnetico rotante.

E come quel concetto fosse di già allora ben chiaro nella mente del Ferraris, lo dimostrano i due notevolissimi lavori pubblicati nell'anno 1878: *Di una dimostrazione del principio di Helmholtz sulla tempera dei suoni ricavata da alcuni esperimenti fatti col telefono*; e *Sulla intensità delle correnti elettriche e delle estracorrenti nel telefono.*

Nella prima di queste due Memorie egli osserva che il principio dell'indipendenza della tempera dei suoni dalle fasi dei suoni componenti si può dimostrare pronunciando una vocale davanti alla lastrina di un telefono trasmettitore e confrontando i suoni uditi, che l'esperienza dimostra non differire l'uno dall'altro, mediante due telefoni ricevitori, di cui l'uno posto in comunicazione diretta col primo e l'altro inserito in un circuito indotto: i quali suoni, dimostra il Ferraris, corrispondono ad onde sonore contenenti i medesimi suoni elementari, ma colle fasi cambiate.

Digitized by Google

Nell'altra Memoria vengono studiate le correnti indotte prodotte dalle correnti telefoniche in un altro circuito, e viene determinato il valore assoluto dell'intensità della corrente necessaria a produrre un suono percettibile in un telefono. E il Ferraris trova che tale intensità va crescendo con l'altezza del suono trasmesso e che per 440 vibrazioni al secondo essa ha il valore 9.10^{-9} ampères, valore che ben s'accorda con recenti ed accuratissime determinazioni del Rayleigh.

Intanto il Ferraris, che fin dal 1877 era stato incaricato del Corso di Fisica tecnica nel Museo Industriale e dell'insegnamento della Fisica nella Scuola di Guerra, veniva, dopo circa due anni, per i grandi meriti ch' Egli erasi acquistati, nominato successivamente professore titolare in quei due Istituti, mentre l'Accademia delle Scienze di Torino lo chiamava nel suo seno.

E fu in quegli anni che la vastissima sua mente, mentre procedeva con ordine meraviglioso negli studi intrapresi, prendeva pure parte attivissima allo sviluppo scientifico e pratico delle applicazioni in tutti i rami della fisica: onde lo vediamo attendere alla pubblicazione di pregevoli lavori, tra cui specialmente notevole quello *Sopra un metodo per la misura dell'acqua trascinata meccanicamente dal vapore.*

Nè bastandogli il campo puramente dei dotti, Egli si faceva ammirare nel 1878 come chiaro ed interessante volgarizzatore della scienza in una splendida conferenza, fatta nella Società degli Ingegneri di Torino *Sul telefono di Graham Bell*; e nel 1879 in alcune magistrali pubbliche conferenze, che Egli tenne nel Museo Industriale, *Sulla illuminazione elettrica.*

In queste conferenze, fatte in un'epoca in cui l'illuminazione elettrica era, si può dire, ancora in fasce, il Ferraris, trattando dell'equivalenza e conservazione delle energie, ne spiega il concetto con lucidità e chiarezza meravigliose; trattando della corrente elettrica, dimostra come e in quali condizioni si possa risolvere, coll'impiego di essa, il problema generale dell' illuminazione consistente nell'accumulare grande quantità di calore in piccolo spazio; e, trattando delle macchine a corrente continua, parla dell'invenzione che ne forma la base, ne rivendica la paternità al nostro paese, e ne pone bene in chiaro il principio fondamentale, di cui, fin dal 1860, Antonio Pacinotti pubblicava una descrizione.

E la gloria di quella grande scoperta veniva, due anni più tardi, rivendicata all' illustre Pisano, in Parigi ed in seno della Giuria dell'Esposizione internazionale di Elettricità, per opera specialmente di Galileo Ferraris, Delegato ufficiale del Governo italiano al Congresso di Elettricità e Membro autorevolissimo di quella stessa Giurìa.

Digitized by Google

La relazione sulle applicazioni industriali della corrente elettrica a quella Mostra costituisce un prezioso trattato elementare di Elettroctecnica. Il Ferraris, colla sua prodigiosa facoltà di mettere sotto forma semplice ed accessibile a tutti i problemi più complicati, potè con questa Relazione, persuadere i suoi lettori dell'importanza dei sistemi proposti dal Marcel Deprez per la distribuzione elettrica dell'energia. Nè meno importanti sono le considerazioni relative alla trasmissione elettrica dell'energia. Il principio, perfettamente vero, esposto dal Deprez, sotto forma che lo faceva sembrare a tutta prima paradossale, è ampiamente discusso, commentato ed illustrato con applicazioni.

Troppo lungo sarebbe il rintracciare i numerosi tesori disseminati in quelle pagine. Scritte ben sedici anni or sono, esse potrebbero ancora oggidì essere firmate da qualsiasi fra i più distinti elettricisti.

E fu da quell'epoca, la quale segnò il principio dell'attuale sviluppo dell' Elettrotecnica, che Galileo Ferraris si dedicò specialmente a questo ramo di fisica applicata, la cui importanza andava crescendo ogni giorno.

E perciò lo vediamo nuovamente Delegato italiano alla Conferenza internazionale di Elettricità, convocata in Parigi nel 1882 per la determinazione delle unità elettriche; e, nell'anno seguente, Commissario italiano all'Esposizione di Elettricità a Vienna.

Frattanto il Ferraris si occupava alacremente dell' Esposizione che doveva aver luogo in Torino l'anno successivo; e la Sezione internazionale di Elettricità, della quale fu Presidente, venne da lui splendidamente organizzata.

Più volte Egli ebbe a dire che tale Mostra segnò una data memorabile nella storia della Elettroctenica, per la comparsa che in essa vi fecero per la prima volta i generatori secondari del Gaulard.

Questi apparecchi avevano destato una viva curiosità nel mondo scientifico ed industriale, e la Giuria dell'Esposizione nominava tosto una Commissione, di cui naturalmente faceva parte Galileo Ferraris, coll' incarico di esaminare il nuovo trovato.

Le idee sulle correnti alternative erano in quell'epoca affatto informi e disorientate: ed alcuni membri della Commissione, dopo le esperienze eseguite sui trasformatori Gaulard, si erano fatta la convinzione che questi fossero dei pessimi apparecchi, poichè trovavano, calcolandone la potenza col prodotto dell'intensità efficace per la differenza di potenziale efficace, che essi assorbivano tanta energia lavorando a vuoto, quanta lavorando con carico sul circuito secondario.

Digitized by Google

Il Ferraris non si seppe persuadere di questi risultati e si mise arditamente all' opera, instituendo uno studio teorico e sperimentale completo dei fenomeni che avvengono nel generatore secondario e consegnandone i risultati in quella magistrale Memoria che presentò all'Accademia delle Scienze di Torino l'11 gennaio 1885 col titolo: *Ricerche teoriche e sperimentali sul generatore secondario Gaulard e Gibbs.*

Questo lavoro è un vero monumento di quella profonda conoscenza che Egli aveva della fisica-matematica, della meravigliosa abilità con cui egli sapeva servirsi del calcolo come strumento, e della lucidità con la quale Ei sapeva interpretare i risultati, non perdendo mai di vista l'essenza del fenomeno fisico, che Egli stava studiando.

Partendo dalle equazioni che collegano fra loro le intensità delle correnti nel circuito primario e secondario, le rispettive forze elettromotrici e differenze di potenziale, e l'intensità della magnetizzazione del nucleo, l'ardito e potente matematico dedusse una teoria completa del trasformatore, che lo condusse a scoprire il fenomono ignorato sino allora, o che aveva falsato i calcoli fatti da tutti gli sperimentatori antecedenti, cioè lo spostamento di fase che esiste fra la differenza di potenziale e l'intensità della corrente primaria: trovando, primo fra tutti, la relazione importantissima che collega, nei vari casi, quella differenza di potenziale, quell'intensità di corrente ed il relativo spostamento di fase; nonchè la formola con cui si calcola la potenza del trasformatore.

Queste ricerche ebbero nell'Elettrotecnica un'importanza immensa, poichè esse furono quelle che per le prime richiamarono l'attenzione degli elettricisti sull'elevato rendimento dei trasformatori e lasciarono intravedere la possibilità del trasporto economico dell'energia elettrica a distanza.

Ma il Ferraris non si stancava di studiare i nuovi apparecchi e di sperimentare su di essi: e pubblicò nella *Lumière Électrique* di quell'anno una pregevolissima Nota, nella quale partendo dai princípi fondamentali da Lui scoperti, paragonava, mettendone in evidenza i numerosi vantaggi, il tipo di trasformatore a circuito magnetico chiuso di Ganz, col tipo Gaulard.

Ed a completare il suo studio magistrale, sui trasformatori, Galileo Ferraris pubblicava, due anni più tardi, i risultati di una sagacissima ricerca teorica e sperimentale: *Sulle differenze di fase delle correnti, sul ritardo dell'induzione e sulla dissipazione di energia nei trasformatori*; del quale lavoro venivano fatti cenni assai larghi, oltre che nelle principali riviste periodiche di Elettrotecnica, nei trattati di Fleming e di Kittler.

Digitized by Google

In quest'opera il Ferraris discute ed interpreta i risultati di varie serie di misure sulle differenze di fase tra le due correnti, primaria e secondaria, di un trasformatore; prende in esame le relazioni esistenti fra la detta differenza di fase e la dissipazione di energia dovuta alle correnti del Foucault ed all' isteresi, presenta un nuovo metodo: *Il metodo dei tre elettrodinamometri*, per la misura della differenza di fase tra le due correnti primaria e secondaria; ed arriva fra gli altri risultati, a quello notevolissimo che la corrente secondaria presenta un ritardo di fase rispetto a quella che si avrebbe qualora non esistessero nè le correnti di Foucault, nè l'isteresi.

Intanto il Ferraris era occupato di un nuovo problema.

Il Gaulard, per completare il suo sistema di trasmissione e distribuzione dell'energia, cercava, e cercava invano, un motore asincrono per correnti alternative. I suoi sforzi non ebbero successo, ma non indarno il problema era stato presentato alla mente del Ferraris.

Egli talvolta mi raccontava, con quella sua semplice bontà che lo rendeva tanto caro, come si produsse nella sua mente la meravigliosa invenzione.

Sembra una pagina di romanzo, o, dirò meglio, sembra uno di quei racconti di antologia, così caratteristicamente commoventi, che ci narrano semplicemente la storia della lampada oscillante del Galilei, o la caduta della mela del Newton.

Una sera dell'agosto dell'anno 1885 Egli era uscito a passeggio, come di solito, aggirandosi solingo e concentrato nei dintorni della caserma Cernaia. E pensava, pensava profondamente. Ricercatore instancabile, unica preoccupazione del suo spirito irrequieto era il grande ideale scientifico, anche nelle ore più tranquille del riposo fisico.

E camminava fantasticando, come trasognato. E lasciandosi guidare dalla naturale successione dei pensieri incominciò a riflettere intorno all'analogia dei fenomeni ottici ed elettromagnetici, ed all'origine della luce polarizzata ellitticamente e circolarmente — la quale riposa sulla combinazione di due semplici movimenti oscillatori dell'ètere.

Un lampo del suo genio divinatore lo arrestò. E domandò a sè stesso se un simile fenomeno non si sarebbe potuto ottenere sostituendo a quelle due oscillazioni componenti le variazioni di due campi magnetici sovrapposti.

Ma se ciò fosse, si venne dicendo il profondo ricercatore, dalla sovrapposizione in uno spazio di due campi magnetici alternativi, di ugual frequenza, perpendicolari l'uno all'altro e presentanti l'uno rispetto all'altro una differenza di fase, si dovrebbe ottenere in quello

Digitized by Google

spazio un campo magnetico risultante, che non si annullasse in nessun istante e la direzione del quale ruotasse compiendo un giro in ogni periodo dei campi magnetici componenti. Ma i due campi alternativi si possono produrre per mezzo di due correnti alternative circolanti in due spirali incrociate. Dunque, fu portato a conchiudere il Maestro, si dovrebbe poter produrre, per mezzo di due semplici correnti alternative, operanti in spirali immobili, un campo magnetico rotante, ed ottenere quindi con questo tutti gli effetti che si hanno per mezzo della rotazione di un magnete, e, fra gli altri, i fenomeni d'induzione che si presentano allorquando si ripete l'antica e classica esperienza di Arago.

La grande scoperta del principio del campo magnetico rotante era fatta. In quella memoranda sera il genio inventivo di Galileo Ferraris era riuscito a leggere nel misterioso libro della Natura una delle sue splendide pagine. Un lembo del velo d'Iside era stato strappato dalla sua mente fatidica; e l'umanità acquistava un nuovo principio fecondo delle più grandiose e svariate applicazioni.

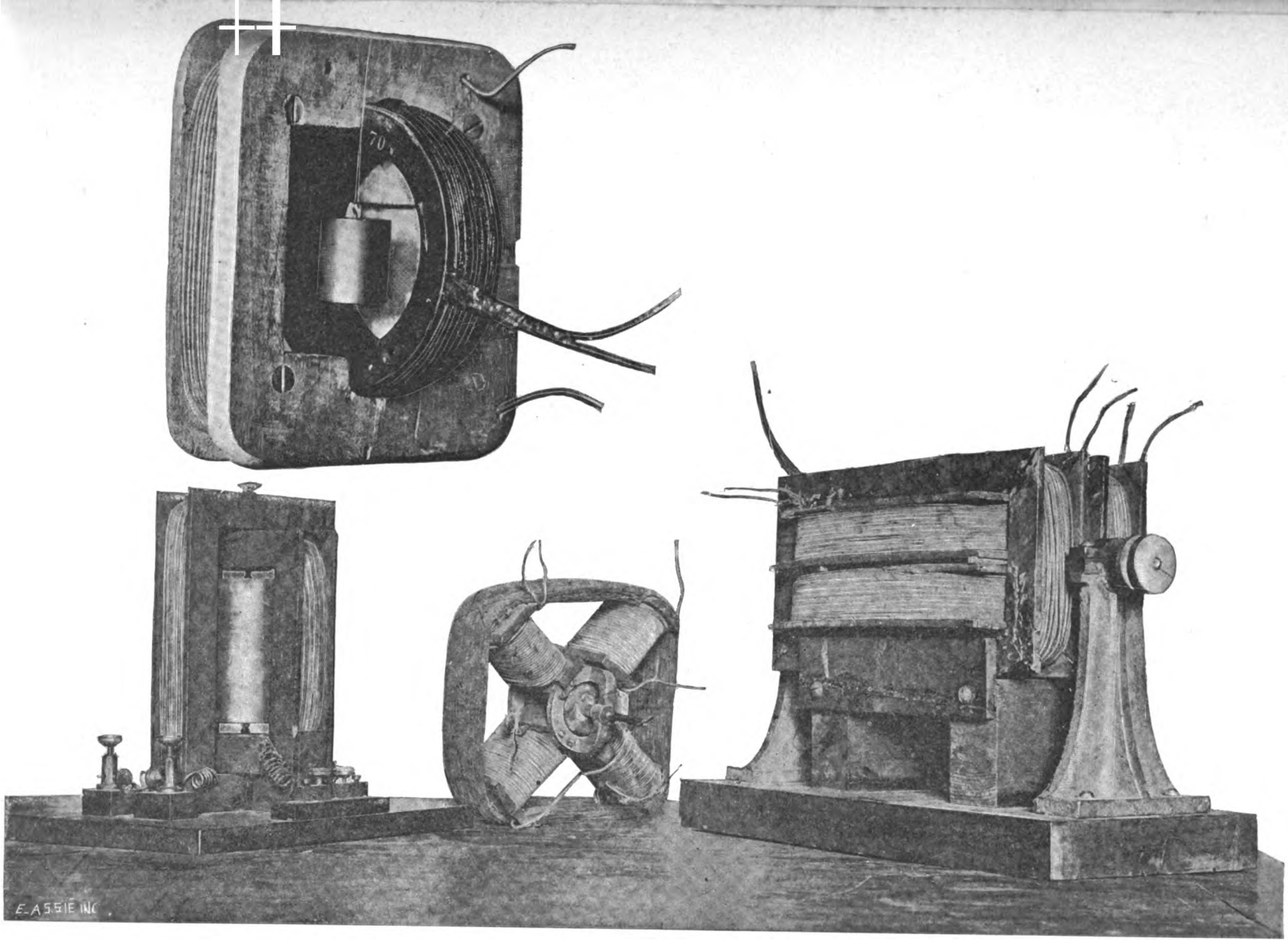
Il mattino del giorno seguente, recatosi febbricitante d'emozione nel laboratorio, fece tosto preparare due spirali piatte di filo di rame per una delle quali servì quella di un apparecchio per la dimostrazione dei fenomeni d'induzione — e le dispose in modo che i loro piani facessero fra di loro angoli di 90°; indi sospese nello spazio da esse racchiuso un cilindretto cavo di rame coll'asse coincidente coll'intersezione dei loro piani mediani. E, servendosi poi di un piccolo alternatore Siemens e di un trasformatore Gaulard, fece passare in una delle spirali la corrente primaria e nell'altra la corrente secondaria del trasformatore, regolando le induttanze e le resistenze ohmiche dei due circuiti in guisa da ottenere fra le due correnti uno spostamento di fase prossimo a 90°.

I due campi magnetici alternativi, così creati, si composero in un campo rotante, il quale, agendo sul cilindro di rame e producendo in esso delle correnti indotte, mise il cilindretto in rotazione. E non appena Egli invertì, mentre il cilindro stava girando in un certo senso, una delle due correnti, la rotazione si rallentò rapidamente, estinguendosi tosto per ricominciare nel verso opposto.

Le esperienze fondamentali, con cui furono luminosamente confermate le ingegnose previsioni, e che Galileo Ferraris eseguì nei mesi di agosto e settembre dell'anno 1885, sono descritte nella Nota classica *Memorie sulle rotazioni elettrodinamiche prodotte per mezzo di correnti alternative*, pubblicata nel vol. XXIII degli *Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*. E fra le numerose esperienze de-

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

scritte, una riguarda l'applicazione del principio scoperto alla costruzione del primo motore asincrono polifase.

I modelli, che figurarono come preziosi cimelii all' Esposizione di Chicago del 1893, oggi qui esposti per gentile consenso della Direzione del Museo Industriale, sono ora gelosamente custoditi fra quelle stesse pareti, ove vennero eseguite le esperienze memorabili. (*Vedi la Tavola qui contro.*)

Poche scoperte scaturirono così naturali come quella del campo rotante. Ad essa il Ferraris non giunse, nè per caso, nè per un vago intuito, ma per la grande, multiforme coltura del suo spirito, per la geniale comprensione dei fenomeni fisici e finalmente per quell'ordine particolare di idee, che Egli seguì sempre in tutte le sue ricerche. A Lui servì di base il concetto, che tanto gli era famigliare, dell' analogia dei fenomeni ottici ed elettro-magnetici; e a Lui giovò moltissimo l' intima conoscenza dei fenomeni luminosi e il fascino grandissimo che lo trascinava a quegli studi. La sua profonda e sicura conoscenza della trattazione matematica dei fenomeni fisici periodici lo guidò nello studio delle ondulazioni acustiche, e già nelle sue Memorie sulla tempera dei suoni e sulle correnti telefoniche, Egli mostrava la sua famigliarità con quel fenomeno della differenza di fase, che tanto genialmente scoprì nel trasformatore e applicò nel suo campo rotante.

Afferrata da scienziati e pratici l'importanza grandiosa del nuovo trovato, nei laboratori degli studiosi e nelle officine dei costruttori, il campo di Ferraris veniva ad infondere come un fermento vivificatore: e pochi anni appresso sorgeva come primo monumento, degno dell'uomo dalla cui mente sagace era sorto il germe fecondo, il grandioso impianto Lauffen-Francoforte, il quale dimostrava all' umanità attonita che il problema della trasmissione dell' energia a grandi distanze era tecnicamente risolto.

Certo è che, se questa meravigliosa scoperta fosse stata protetta con brevetti di privativa, incalcolabile sarebbe il provento di utili materiali che ne sarebbe derivato all' inventore.

Ma Galileo Ferraris lavorava per la scienza e non per la speculazione, e nessun mucchio d' oro lo avrebbe potuto appagare dell' intima soddisfazione che provava il suo gran cuore per avere compiuta a favore dell'umanità, un'opera degna di lauro immortale.

Tipo vero del Genio generoso, Egli non vedeva nelle sue scoperte che il *bello*, la grande manifestazione del pensiero umano e del *sapere*. Egli stesso, in una sua Conferenza, fatta in questi ultimi anni all'Accademia dei Lincei, *Sulla trasmissione elettrica dell' energia*, in-

Digitized by Google

cominciò il suo dire con questa frase scultoria, d'onde emerge tutta l'anima sua serenamente grande:

" La scienza ha ideali più alti di quello dell'utile materiale diretto. „

Ed a conforto di questa sua premessa, trovo nella stessa Conferenza, che sarà monumento imperituro ai dotti dell'avvenire, un notevolissimo periodo, che domando il permesso di ripetere testualmente.

Nel considerare gli effetti delle applicazioni tecniche, uscì in queste parole: " Io quando mi trovo nella stazione centrale di un grande " impianto elettrico, all'officina de' Cerchi, a Tivoli, a Deptford, od " in una delle ciclopiche officine elettriche americane della — General " Company — o di Westinghouse, ed ho davanti a me una di quelle " poderose macchine dinamoelettriche che vi lavorano, e la contemplo, " ed osservo la immane natura, o la posante corona dei magneti in- " duttori girare nello spazio, libera portata da un albero di acciaio " su cui si affatica una macchina a vapore od una turbina di centi- " naia, e talora di migliaia di cavalli dinamici, e non vedo organi " meccanici che ricevano e trasmettano il lavoro ad altre macchine, " nè, in mancanza di tali organi, vedo alcun freno che trasformi sul " posto quel lavoro in calore, ma per rintracciare quel lavoro debbo " ricorrere col pensiero a ciò che ho veduto fuori dell'officina, a chi- " lometri di distanza, e ripensare ai filamenti di carbone incandescenti " in migliaia di lampade, ed agli archi voltaici brillanti fra le punte " di carbone che vanno struggendosi per l'elevata temperatura, ed " alle armature di motori, le quali girano da sè senza nulla di visi- " bile che le sospinga, e girando comandano macchine, io quando vedo " e penso a queste cose, sento irresistibilmente che prima che al pen- " siero dell'utilità pratica del meraviglioso meccanismo la mente si " rivolge alla contemplazione del fenomeno. Prima della importanza " industriale io sento l'importanza scientifica, prima dell'utile mate- " riale l'utile intellettuale. „

Così parla, o Signori, non solo lo scienziato, ma il filosofo, il vero genio. In queste semplici parole, che io imperfettamente tentai di far risuonare in mezzo a così eletta Assemblea, tutta si concentra, tutta si rivela l'anima di Galileo Ferraris.

Il concetto dello sceverare qualsiasi interesse dalla inenarrabile sublimità d'un nobile concepimento scientifico, Egli lo aveva già manifestato anteriormente in più circostanze della sua gloriosa carriera di apostolo della scienza. E nella sua Conferenza, *Sul telefono*, dopo di aver suscitato un unanime senso di ammirazione con la lucidità e giustezza delle sue teoriche scientifiche, rivolgeva a sè stesso la domanda: " Sostituirà il telefono gli attuali telegrafi? „

Digitized by Google

Ed invece di rispondere ad una tale domanda, soggiungeva tosto con tutta franchezza: " Qualunque siano per essere i perfezionamenti " futuri, qualunque abbiano da essere le applicazioni della invenzione " sulla quale noi ci siamo intrattenuti, pare a me che queste questioni " siano adesso non solo oziose, ma indecorose. Un trovato scientifico, " come un lavoro artistico, ha in sè stesso i caratteri, che lo debbono " far apprezzare, e la sua importanza, la sua bellezza, il suo diritto " alla nostra considerazione sono indipendenti dalla utilità pratica, " che quel trovato o quell'opera possono avere. Quando, contemplando " un prodotto della scienza od un' opera d' arte, noi sentiamo in noi " quella soddisfazione che ci fa dire: Bello! — quel prodotto o quel- " l'opera sono utili in sè. Chi nelle ricerche scientifiche avesse sempre " in mira le applicazioni, non troverebbe mai nulla; e chi, nel giu- " dicare dell' importanza di una scoperta, non sapesse vedere altro " che l' utilità, che essa può avere, proverebbe di non avere gustato " mai la vera gioia del sapere. Tale almeno è il mio modo di sentire. „

In queste parole, che ebbi l'onore di ripetere, noi sentiamo palpitare il grande cuore dello scienziato, in cui si raccoglie la sacra scintilla del vero genio.

Inchiniamoci, o Signori, dinante a sì nobile figura, che in sè personifica il Bello più puro, e più santo, cui sia dato all'uomo di aspirare.

E dopo tanto studio e lavoro, mentre ancora attendeva a completare le sue classiche ricerche sui trasformatori, Galileo Ferraris — nel ricordare tanta potenza di mente l'animo si riempie di meraviglia e ammirazione — fondava, presso il Museo Industriale il primo Istituto Elettrotecnico italiano, che in breve tempo acquistò cotanta fama da rivaleggiare con le più importanti scuole di Elettrotecnica in Europa.

Il grande amore, col quale tanta parte di sè Egli dedicò all' insegnamento, era effetto del prepotente bisogno che Ei provava di sfogare, comunicandolo a tutti, l' entusiasmo irrompente per la bellezza dei fenomeni naturali, per la meravigliosa armonia del Creato.

I suoi allievi, che lo adoravano, i suoi allievi tutti si sono sentiti trasportare dalla sua parola illuminata verso gli ignoti campi delle leggi naturali, ed hanno, mercè sua, potuto gustare di quella sublime poesia di cui è penetrato l' Universo. E l'affetto paterno, che Ei nutriva per essi, lo induceva a sforzarsi onde portarli, con la sua guida, per le strade più agevoli, alla conquista di quella verità che uomini di genio scoprirono per vie ai più inaccessibili.

Intanto al Ferraris incominciava a rivolgersi tutto il mondo elettrotecnico, da tutte le parti del quale Ei riceveva importanti incarichi

Digitized by Google

scientifici. Ed egli dappertutto portò tanto lume di senno e di scienza, da suscitare ovunque plauso ed ammirazione.

Per incarico della Direzione del Museo Industriale, si recò nel 1889 all' Esposizione universale di Parigi a studiarvi i progressi dell' Elettrotecnica, di cui trattò in un gioiello di opuscolo pubblicato l' anno dopo, del quale piacemi ricordare in special modo la discussione degli elementi dai quali dipendono l'esattezza ed il costo dell'egualizzazione ottenibile in una distribuzione a più fili per mezzo dell' egualizzatore di Elihu Thomson, del quale apparecchio non si aveva allora alcuna teoria.

. E nello stesso anno Egli veniva chiamato dal Municipio di Francoforte a far parte di una Commissione a cui fu affidato lo studio, rimasto memorabile nella storia dell' Elettrotecnica, dei criteri coi quali conveniva procedere nel grande impianto per l' illuminazione e distribuzione di forza motrice in quella città.

Ed ivi ancora, due anni dopo, nell'occasione dell'Esposizione internazionale di Elettricità, ritornava fatto segno ai massimi onori.

Galileo Ferraris aveva dato in dono all'umanità il principio che condusse alla soluzione del problema della trasmissione elettrica dell'energia a grandi distanze: del che il grandioso impianto Lauffen-Francoforte era splendida prova. E l'umanità riconoscente, auspice la Germania che prima aveva utilizzata la grande scoperta, tributava inni di gloria a Galileo Ferraris.

Ma della splendida serie di vittorie e di onori, che accompagna la sua carriera scientifica, non sono ancora ricordati tutti i punti principali.

Nel 1893 fu Delegato del Governo italiano al Congresso internazionale di Elettricità in Chicago, di cui, come già a Francoforte, fu eletto vicepresidente. E importantissima fu colà la sua opera, poichè, col suo dire chiaro, rigoroso, calmo ed affascinante, riuscì a risolvere ogni difficoltà nella definizione dell'*henry*, riportando il plauso unanime di quell' importante consesso; e si oppose formalmente, dimostrando chiaramente la giustezza delle sue obbiezioni, a che si adottasse l'epiteto di *internazionale* nelle definizioni del *joule* e del *watt*.

Inoltre Galileo Ferraris prese parte ai lavori della Sezione di Scienza pura, nella quale, in occasione della sua elezione a presidente, pronunciò, con brillante successo e frammezzo a clamorose ovazioni, un discorso in inglese, inneggiando ai progressi dell'elettricità ed all'enorme sviluppo delle sue applicazioni in America.

Il rispetto all'Autorità scientifica del Ferraris fu immenso, anche in un paese, come gli Stati Uniti, ove sembrerebbe che la corsa sfre-

Digitized by Google

nata dietro ai perfezionamenti industriali ed alla produzione vertiginosa dell'oggi, dovesse schiacciare, sotto il peso della dimenticanza, tutto quello che fu indagine teorica di ieri. Invece furono richiesti a Galileo Ferraris, per pubblica esposizione, i modelli sperimentali che gli avevano servito per le prime prove nel campo rotante; ed era in Lui universalmente additato e riconosciuto il primo enunciatore di un principio così fecondo di pratiche applicazioni.

E nuova dimostrazione di stima e di fiducia Egli riceveva dall'estero due anni or sono, quando veniva eletto Membro della Commissione incaricata dalla città di Lione di esaminare e pronunciarsi sui progetti presentati al concorso per la grande trasmissione elettrica dell'energia, che si sta compiendo in questi giorni.

Ed altro materiale di inestimabile valore doveva ancor ritrarre Galileo Ferraris da quella miniera inestinguibile di cognizioni scientifiche, che era la sua mente. E ancor scavando nel campo vastissimo dell'ottica, che tanto gli era famigliare, sul principio che " un vet- " tore sinusoidale si può scomporre in due vettori rotanti di ugual " valore e di versi opposti, e può perciò essere considerato siccome " risultante di quei due vettori medesimi „, egli basa il più geniale, semplice ed intuitivo metodo, per la trattazione dei vettori rotanti od alternativi, che si possa immaginare: e ne fa applicazione ai motori elettrici a correnti alternate, di cui, nell'apprezzatissima Memoria, in cui quel metodo è esposto, stabilisce una teoria affatto elementare e assolutamente generale.

E invero, quale corollario a tale Memoria resa pubblica nel 1893, già nel seguente anno il Ferraris esponeva la teoria di un nuovo alternomotore sincrono a campo induttore alternativo: un altro frutto, non del caso, ma di un pensiero e di un ragionamento. E già in quella dotta Memoria vi è il germe che, reso più tardi fecondo da alcune esperienze eseguite col suo diletto Maestro da chi ha oggi qui l'onore altissimo di intrattenervi, ha dato creazione ai trasformatori a spostamento di fase, sul cui impiego riposa un nuovo sistema di distribuzione elettrica dell'energia mediante correnti alternative, di cui già si sono fatte e si stanno facendo pratiche applicazioni.

Dissi, in principio, che Galileo Ferraris aveva doppio temperamento di scienziato poderosissimo, e di vero artista e poeta.

Pochi uomini furono, come lui, degni di dissetarsi al puro fonte della divina natura, perchè Ei ne sentiva con entusiasmo tutta l'immensa bellezza.

Egli intuiva il *Bello* in tutte le sue più riposte manifestazioni. E per Lui, spirito eccezionalmente eletto, l'immagine del *Vero*, ritroso

Digitized by Google

e riluttante a lasciarsi discoprire, non si scompagnò giammai da quella del *Bello*. Ed era appunto questa ideale unione dell'arte e della scienza che dava all'opera dell'ingegno suo tanta eccellenza e serenità di espressione, ed alla persona sua tanto sentimento di nobiltà e di amore.

La divina arte dei suoni trovava nel Ferraris un entusiasta adoratore. Per Lui, la musica era come una celestiale manifestazione di quel *Bello* eterno, che costituì il più costante sogno di tutta la sua vita; e la poesia infinita di questa Iddia penetrava nell'animo suo e si confondeva in quella che dalle universe cose, dalla natura e dalla scienza a Lui saliva.

Pianista valente, Ei dedicava sempre, con passione profonda e con inesprimibile godimento intellettuale, lo spirito suo e le domestiche ore alla divina musica di Riccardo Wagner, per la quale Egli serbava immacolato il suo culto. E quante volte, dopo aver assistito alla rappresentazione di qualche opera del genio di Lipsia, Egli si riduceva a passeggiare solo a tarda notte, per le vie deserte della città assorto in chi sa quali visioni, col cervello in fermento, coi nervi tesi e vibranti!

Il bello, il puro, l'arte insomma in tutte le sue serene ed elevate espressioni, faceva vibrare una corda dell'animo suo. E così anche la pittura attraeva la sua intelligenza innamorata, e per gli occhi gli dava quelle supreme dolcezze intellettuali, che all'uomo veramente *poeta* offre la contemplazione della grandezza della natura o delle sublimi creazioni dello spirito umano.

Ed era Egli stesso pittore. E molte volte nei suoi scritti, nei suoi calcoli matematici, intercalava, tra un periodo e l'altro, tra una equazione e l'altra — mentre il suo pensiero continuava ad esser assorto nelle meravigliose concezioni — lo schizzo di un'artistica e gentile figura.

A farvelo poi rivivere come poeta, basterà riportarvi la risposta testuale ch'Ei fece ad una gentile e colta Signorina, la quale gli domandò, per il proprio *Album*, la *definizione della Elettricità*.

" Poichè Maxwel dimostrò che le vibrazioni luminose possono
" consistere in periodiche variazioni delle forze elettro-magnetiche e
" poichè Hertz, provando col fatto che le oscillazioni elettro-magne-
" tiche si propagano come la luce, diede alla teorica del Maxwell
" una base sperimentale, si andò assodando l'idea che l'ètere lumini-
" fero ed il mezzo ove hanno sede le forze elettriche e magnetiche
" siano una medesima cosa.

" Perciò a te, o fanciulla colta e gentile, che amabilmente mi
" domandi che cosa sia l'elettricità, posso rispondere: Essa non è sol-

Digitized by Google

" tanto l'agente pauroso, che rompendo talora la compagine dell'at-
" mosfera ti sgomenta col fragore della folgore, ma è eziandio l'agente
" vivificatore che tramanda dal sole alla terra colla luce e col calore
" la magìa dei colori e l'alito della vita, quello che partecipa al tuo
" cuore il palpito del mondo esterno, quello che sa trasmettere al-
" l'anima tua l'incanto di uno sguardo e di un sorriso. „

Poetica non solo, ma sublimemente scientifica definizione.

E poeta si rilevò nei profondi e gentili discorsi pronunciati, qui a Torino, a Vercelli e nella natìa Livorno, nell'occasione che il nostro Governo lo aveva chiamato, per i suoi meriti insigni, a far parte della Camera Vitalizia: nei quali discorsi Ei fece prova di affascinante arte oratoria.

E dire che questo grande Scienziato, questa bell'anima d'artista e di poeta, non è più!...

Questo pensiero amarissimo ne induce a profondo raccoglimento, e ne chiude le labbra in lungo, concentrato dolore . . . . . .

. . . . . .

Ed ora, o Galileo Ferraris, il tuo Genio si aggira per gli spazi eterei dell'infinito. Iddio ti volle in spazi purissimi di Te più degni. E, mentre là in alto, gli Spiriti magni ti hanno accolto e ti festeggiano, qui i nostri cuori inconsolabili ti piangono con strazio indicibile e crudele . . . . . .

. . . . . .

Signori,

Or son trascorsi circa due mesi dacchè, fra gli applausi ed i brindisi dei nostri cuori colmi di venerazione e di affetto, noi acclamavamo Galileo Ferraris a nostro Presidente.

La cara e simpatica Milano, il gran cuore d'Italia nostra, ci accoglieva con tanta squisita gentilezza, con tanta effusione di affetto che in quel giorno brillò nell'animo dell'amato Maestro ed in quello di tutti noi un raggio intensissimo di contentezza.

E quel dì i nostri cuori all'unisono vibrarono perchè giungesse all'animo suo mite e gentile quella intensa corrente di ammirazione per lo scienziato illustre, di affetto reverente pel Maestro adorato. Ed Egli, modestissimo, lasciò che questa corrente si diffondesse nel suo gran cuore vibrante col nostro in una soave dolcissima armonia. E fu quello un giorno di gioia.

Oggi, per la seconda volta, ci troviamo raccolti, ma è giorno di profondo cordoglio. Vibrano i nostri cuori insieme per la seconda

Digitized by Google

volta, ma la loro vibrazione è battito di angoscia, di profonda, inenarrabile tristezza.

Il circuito, idealmente bello, che ci stringeva in comunione con Lui è stato bruscamente interrotto.

Pure noi sentiamo che in tanto dolore a noi viene ancora per incuorarci e sorreggerci lo Spirito suo benedetto; aleggiante su di noi Egli ci sorride ancora benignamente, di quel soavissimo sorriso che era il fascino dei nostri cuori. E ancora ci accorgiamo che il contatto dei nostri animi, dei nostri spiriti, con lo spirito suo carissimo, si stabilisce oggi con non minore intensità del passato; un mistico contatto, un misterioso circuito di sentimenti e di sensazioni, che ci dànno quasi nell'anima un alito di quell'Infinito purissimo a cui il Maestro è asceso, e da cui guarda a noi con quella immacolata bontà negli occhi, che è pel nostro pianto soavissimo conforto.

Digitized by Google

UN METODO SEMPLICE

DI

AVVIAMENTO DEI MOTORI ELETTRICI

A CORRENTE ALTERNATA ASINCRONI MONOFASI.[1]

Nota I di RICCARDO ARNÒ

(Lettura fatta nella Sezione di Torino il 22 settembre 1897.)

I motori a corrente alternata asincroni monofasi, quali finora si sono costrutti, funzionano, com'è noto, durante il periodo di avviamento, come motori a campo Ferraris: e perciò il loro induttore comprende due gruppi di spirali, di cui l'uno, il gruppo principale, è destinato ad essere percorso dalla corrente alternata per cui l'apparecchio funziona nel periodo di lavoro; e l'altro, il gruppo sussidiario, non entra in azione che nel periodo di messa in marcia, durante il quale è percorso da una corrente convenientemente spostata di fase rispetto a quella che circola nel gruppo principale.

La presente Nota ha per oggetto l'esposizione di un metodo semplice di avviamento dei motori asincroni monofasi, [2] il quale permette di far funzionare tali motori mediante una sola corrente alternata, e cioè con un solo gruppo attivo di spirali, anche durante la messa in marcia dell'apparecchio.

Tale risultato è ottenuto:

1.° Inserendo, durante i primi istanti del periodo di avviamento, una *determinata resistenza* addizionale nella spirale di armatura del motore.

2.° Imprimendo alla parte mobile dell'apparecchio, mediante un leggiero impulso alla medesima, una debolissima velocità iniziale di pochi giri al 1′: il verso della rotazione del motore essendo allora quello che dal detto impulso risulta inizialmente determinato.

3.° Diminuendo gradatamente, fino ad escludere dal circuito di armatura, la resistenza addizionale inserita nel circuito stesso: e ciò non appena raggiunta o prossima a raggiungersi la massima velocità della rotazione compatibile con tale resistenza.

---

[1] Lavoro eseguito nel Laboratorio di Elettrotecnica del R. Museo Industriale italiano in Torino.

[2] Questo sistema è protetto da brevetti di privativa nelle principali nazioni.

Digitized by Google

Ora io ho verificato [1] che la *resistenza di avviamento* — la resistenza cioè per cui il motore si avvia da sè come monofase, in corrispondenza di una debolissima velocità iniziale — è tale che per essa l'intensità efficace della corrente alternata, nei primi istanti del periodo iniziale, ha un valore circa doppio di quello che, nelle medesime condizioni di carico, si ha durante il funzionamento normale dell'apparecchio: la quale condizione è presso a poco quella che pure si ritrova essere soddisfatta allorquando, coi metodi escogitati fino ad oggi, si provvede all'avviamento dei motori asincroni monofasi facendoli funzionare come motori a campo Ferraris. E poichè, come dimostrarono inoltre i miei esperimenti, la velocità iniziale da imprimersi al motore non ha da essere superiore a quella che si provoca facendo percorrere un quarto di giro alla puleggia o dando uno strappo alla cinghia del motore — secondo che se ne effettua l'avviamento a vuoto o sotto leggiero carico — ben si comprende come il metodo esposto sia non solo semplicissimo, ma assolutamente pratico ed applicabile anche per motori di notevole potenza.

Per interpretare facilmente i risultati delle mie esperienze, torna assai opportuno il considerare i motori asincroni monofasi come motori a campo Ferraris differenziali, ricavandone direttamente le loro proprietà da quelle dei motori polifasi. [2]

Si indichi promiscuamente con B tanto il valore dell'induzione magnetica nel campo Ferraris, quanto la metà del valore massimo dell'induzione nel campo magnetico alternativo; con n la frequenza dell'uno e dell'altro campo; con S, r ed L rispettivamente la superficie, la resistenza e l'induttanza di ciascuna delle N spirali elementari di armatura; e con m il numero dei giri che questa fa al 1".

Dicendo K il momento della coppia agente sull'armatura del motore polifase, sussiste fra K ed m la relazione:

$$K = \pi N B^2 S^2 \frac{r(n-m)}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n-m)^2} . \qquad (a)$$

---

[1] Le mie esperienze furono eseguite sopra un motore asincrono monofase della potenza di $3\,^1/_2$ cav., costrutto dalla Casa Brown, Boveri e C., per una frequenza della corrente alternata uguale a circa 40, per una differenza di potenziale efficace uguale a circa 100 volt e per una velocità di circa 1250 giri al 1'.

[2] Galileo Ferraris, *Un metodo per la trattazione dei vettori rotanti od alternativi ed una applicazione di esso ai motori elettrici a correnti alternate.* Nelle *Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino*; serie II, tom. XLIV.

Digitized by Google

Dicendo invece K' il momento della coppia agente sull'armatura del motore monofase, si ha fra K' ed m la relazione: [1]

$$K' = \pi N B^2 S^2 r \left[\frac{n-m}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n-m)^2} - \frac{n+m}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n+m)^2} \right]. \quad (b)$$

Se (fig. 1) si portano sull'asse delle ascisse $0_1 X$ (da destra verso sinistra) i valori di m e sull'asse delle ordinate $0_1 Y'$ i corrispondenti valori di K, la linea in cui si traduce la formola (a) si compone di due rami omotetici (di cui uno solo $Q P M O$ è rappresentato in

Fig. 1

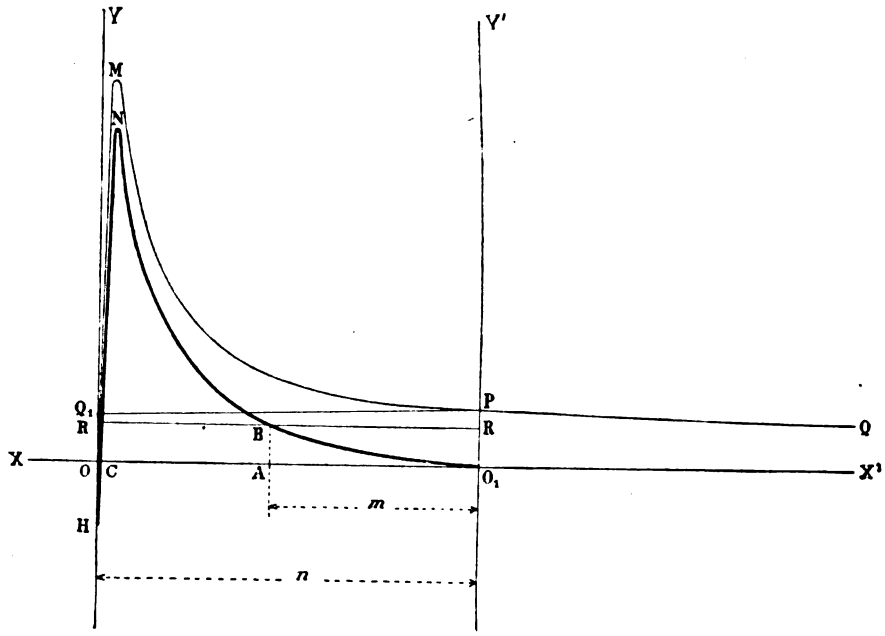


figura) rispetto al punto O, situato alla distanza n dall'origine O_1: ciascuno dei due rami essendo assintotico all'asse delle ascisse e presentando un punto M di ordinata numericamente massima, uguale a $\frac{N B^2 S^2}{4 L}$, e corrispondente, per il ramo $Q P M O$, all'ascissa $n - \frac{1}{2\pi} \frac{r}{L}$.

---

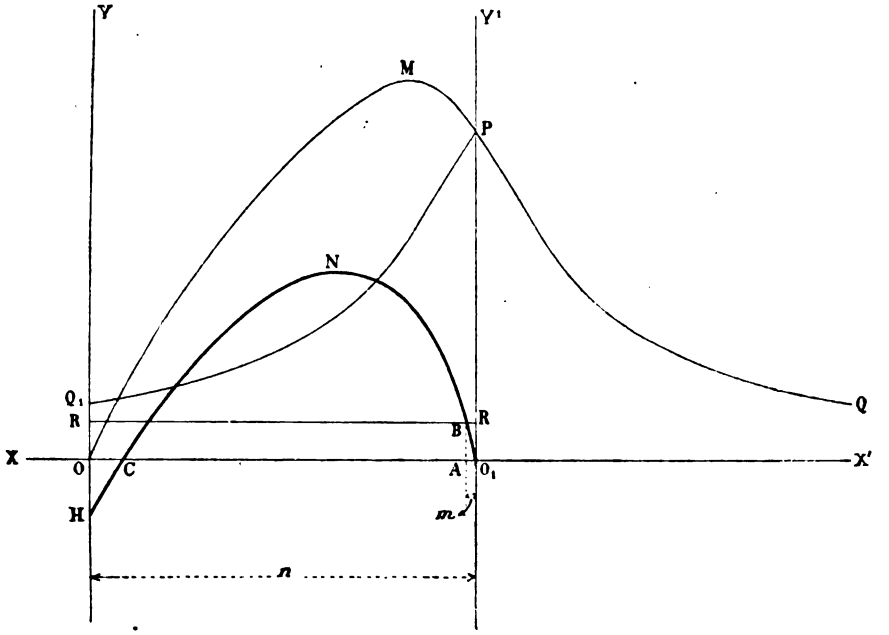
[1] J. Sahulka, *Theorie der Thomson'schen (Brown'schen) Motoren für gewöhnlichen Wechselstrom: Elektrotechnische Zeitschrift;* 7 luglio 1893, pag. 391. — Galileo Ferraris, Memoria sovracitata.

Digitized by Google

Il punto O è un punto d'inflessione, e nelle sue vicinanze la curva si confonde con una linea retta avente la pendenza $\frac{\pi N B^2 S^2}{r}$.

Da quanto si disse ne consegue che, mentre l'ordinata del punto M è indipendente da r, l'ascissa di M, per il ramo $Q P M O$, diminuisce col crescere di r. Dunque, per quanto si riferisce a detto ramo, che è quello che interessa considerare nella pratica, si può dire che, col crescere di r, il punto M si trasporta sopra una parallela all'asse delle ascisse da sinistra verso destra, avvicinandosi dapprima all'asse $O_1 Y'$ (fig. 2), fino a portarsi su di esso (fig. 3), per poscia oltrepas-

Fig. 2



sarlo dalla parte di destra (fig. 4). Intanto, essendo la pendenza della linea retta, in cui si confonde la curva nelle vicinanze del punto O, inversamente proporzionale ad r, avviene ancora che, col crescere di r e col conseguente trasportarsi del punto M da sinistra verso destra, la detta pendenza corrispondentemente diminuisce, come pongono in chiaro le figure 2, 3 e 4, ove la linea $Q P M O$ è rispettivamente rappresentata per i tre casi, che specialmente importa considerare, di r alquanto inferiore a $2 \pi n L$ (fig. 2), di r uguale a $2 \pi n L$ (fig. 3), di r alquanto superiore a $2 \pi n L$ (fig. 4).

Digitized by Google

Fig. 3

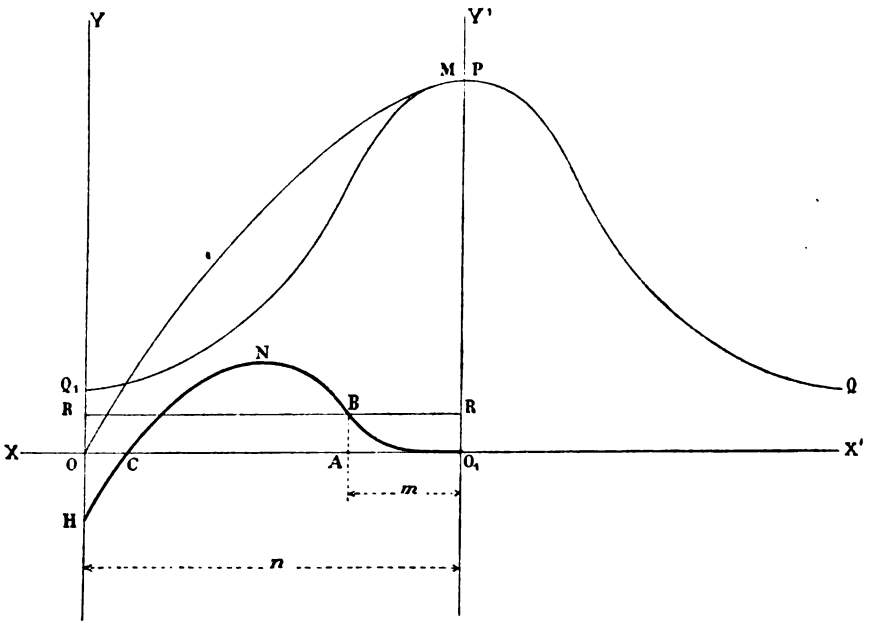
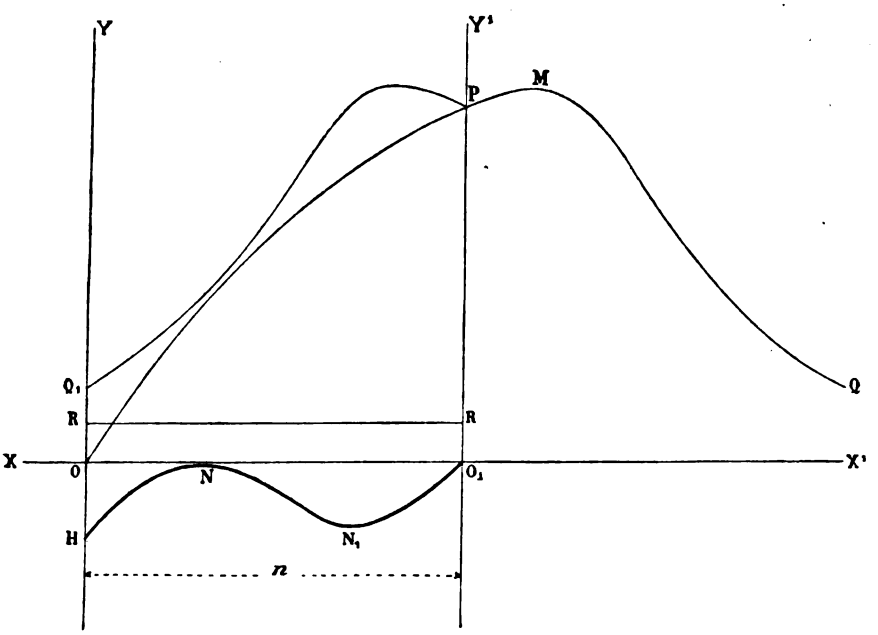


Fig. 4



Digitized by Google

Dalla linea in cui si traduce la formola (a) e che rappresenta la relazione fra K ed m, si può ricavare ora subito quella in cui si traduce la relazione (b) tra il momento K' della coppia agente sull' armatura del motore asincrono monofase e la frequenza m della rotazione. Basta a tal uopo disegnare in $P Q_1$ la linea simmetrica, rispetto all'asse $O_1 Y'$, alla porzione $P Q$ della $Q P M O$, e sottrarre le une dalle altre le ordinate dalle due curve $P M O$ e $P Q_1$.

Le linee $O_1 N C H$ (fig. 1, 2, 3) e $O_1 N_1 N H$ (fig. 4) così ottenute, le quali hanno per coordinate i valori di m ed i corrispondenti valori di K', pongono in evidenza le diverse proprietà dei motori asicroni monofasi nei quattro casi dianzi considerati.

Mentre — per $m = O$ il momento K' della coppia agente sull' armatura è nullo — per m diverso da zero, ma tale che il suo valore non superi quello rappresentato con $O_1 C$ (fig. 1, 2, 3), K' assume, passando per un massimo, valori diversi da zero e positivi; per $m = O_1 C$ si riduce di nuovo a zero; e finalmente per m maggiore di $O_1 C$ assume sempre valori negativi. Se però la resistenza addizionale inserita nella spirale di armatura è tale che per essa si abbia $r > 2 \pi n L$ (fig. 4), allora, per qualunque valore della velocità della rotazione, K' prende sempre valori negativi; cosicchè in tutti questi casi l'apparecchio non può mai funzionare come motore: e se, mentre esso funziona in corrispondenza di una resistenza minore od uguale a $2 \pi n L$, si accresce la resistenza stessa, per modo che r risulti maggiore di $2 \pi n L$, ben tosto il motore si arresta.

Ritornando ora ai casi di $r \leq 2 \pi n L$ (fig. 1, 2, 3), per i quali soltanto è possibile il funzionamento dei motori asincroni monofasi, occorre osservare che — mentre per valori di r molto piccoli (fig. 1), $O_1 C$ è poco inferiore ad n ed il valore massimo di K', rappresentato dall' ordinata del punto N, è poco inferiore al valore massimo di K, rappresentato dall' ordinata del punto M. — per valori di r relativamente grandi (fig. 2, 3), i valori di $O_1 C$ e dell' ordinata del punto N si scostano rispettivamente dai valori di n e dell' ordinata del punto M, e se ne scostano tanto più quanto più è grande r, finchè, risultando r maggiore di $2 \pi n L$ (fig. 4), $O_1 C$ si riduce a zero e K' più non assume, qualunque sia la velocità della rotazione dell' armatura, che valori negativi.

Ciò posto, sia rappresentato nell' ordinata di un punto della retta $R R$ parallela all' asse delle ascisse, il momento della coppia resistente all'atto dell'avviamento. Acciocchè questo si possa effettuare occorre che la frequenza della rotazione dell' armatura abbia inizialmente un valore alquanto superiore a quello rappresentato con l'ascissa

Digitized by Google

$O_1 A$ del punto B appartenente al tratto ascendente della linea $O_1 N C H$ (fig. 1, 2, 3) e di ordinata $A B$ uguale al momento della coppia resistente.

Si rileva dalla fig. 2 come nel caso a cui corrisponde la figura stessa, e cioè di r alquanto inferiore a $2 \pi n L$, il valore di $O_1 A$ possa anche essere piccolissimo; mentre invece in tutti gli altri casi $O_1 A$ è sempre relativamente grande.

La condizione di r inferiore, ma di poco inferiore a $2 \pi n L$ è dunque quella che deve essere soddisfatta affinchè, per una debolissima velocità iniziale impressa alla parte mobile del motore, ne sia reso possibile l'avviamento sotto la sola azione della corrente alternata, per cui l'apparecchio è destinato a funzionare nel suo periodo di lavoro.

E poichè il caso di $r = 2 \pi n L$ (fig. 3) corrisponde alle migliori condizioni per l'avviamento dei motori polifasi — essendo allora per $m = 0$ massimo il valore di K — si può dire che la resistenza addizionale da inserire nella spirale di armatura, per provvedere, secondo il suesposto metodo, alla messa in marcia dei motori monofasi, è poco inferiore a quella che converrebbe inserirvi se si trattasse di effettuare l'avviamento di questi motori sotto l'azione del campo Ferraris.

E poichè inoltre, come è già stato osservato e come le figure pongono in evidenza, $2 \pi n L$ è il massimo valore che possa avere r acciochè si abbiano, per determinati valori di m, dei valori corrispondenti di K' positivi, si può anche dare un'altra regola pratica per determinare la resistenza di avviamento, e dire che il valore della resistenza stessa deve essere poco inferiore a quello massimo per cui è ancora compatibile, in corrispondenza di determinati valori della velocità della rotazione, il funzionamento del motore.

Digitized by Google

UN METODO SEMPLICE
DI
AVVIAMENTO DEI MOTORI ELETTRICI
A CORRENTE ALTERNATA ASINCRONI MONOFASI.

Nota II di RICCARDO ARNÒ

(Lettura fatta nell'Assemblea Generale in Milano il 24 ottobre 1897.)

In una precedente Nota [1] ho esposto un nuovo metodo di avviamento dei motori asincroni monofasi, [2] per mezzo del quale si provvede al funzionamento di tali motori sotto l'azione di un'unica corrente alternata, non soltanto nel periodo di lavoro, come è il caso dei motori monofasi che si sono costrutti fino ad oggi, ma anche durante la messa in marcia dei motori stessi.

Tale metodo consiste:

1.° Nell'inserire, durante i primi istanti del periodo di avviamento, in ciascuna delle spirali elementari di armatura, una *determinata resistenza* addizionale, tale che, detta r ed L rispettivamente la resistenza e l'induttanza del circuito a cui una di quelle spirali appartiene ad n la frequenza della corrente alternata, risulti r inferiore, ma di poco inferiore, a $2\pi n L$, ove π è il rapporto della circonferenza al diametro;

2.° Nell'imprimere alla parte mobile dell'apparecchio una debolissima velocità iniziale, quale è quella che si ottiene facendo percorrere un quarto di giro alla puleggia o dando uno strappo alla cinghia del motore;

3.° Nel diminuire gradatamente, fino ad escludere dai singoli circuiti a cui appartengono le spirali elementari di armatura, le resistenze addizionali, di cui si è detto, per le quali il motore si avvia da sè come monofase in corrispondenza di una debolissima velocità iniziale.

Se ora si pone mente a che i metodi di avviamento usati fino ad oggi — i quali, com'è noto, sono indistintamente basati sulla produzione di un campo Ferraris e sulla conseguente azione di tale campo sull'armatura chiusa in corto circuito — ancora richiedono,

---

[1] Lettura fatta nella Sezione di Torino il 22 settembre 1897.

[2] Il sistema è protetto da brevetti di privativa nelle principali nazioni.

Digitized by Google

almeno al disopra di una certa potenza dei motori, l'impiego di resistenze addizionali, da inserirsi durante il periodo iniziale nelle spirali di armatura, ben si comprende quanto sia notevole la semplificazione che si viene ad apportare, con l'applicazione del nuovo metodo, sia nella costruzione dei motori asincroni monofasi, sia negli apparecchi destinati alla messa in marcia dei motori stessi: allora, infatti, più non occorrendo, nè il gruppo sussidiario di spirali, destinato ad essere percorso nel periodo di avviamento da una corrente spostata di fase rispetto a quella che circola nel gruppo principale; nè l'apparecchio a reattanza con cui si produce il necessario spostamento di fase fra le due correnti che generano il campo Ferraris.

E poichè, com'è noto, se si vogliono raggiunte le migliori condizioni per l'avviamento dei motori polifasi, quelle resistenze addizionali debbono essere tali che sia soddisfatta la relazione $r = 2\pi n L$, si può dire, come l'esperienza ha verificato, che la resistenza da inserire in ciascuna spirale elementare di armatura, per provvedere, secondo il mio metodo, alla messa in marcia dei motori monofasi, è inferiore, ma di poco inferiore, a quella che occorrerebbe inserirvi se si trattasse di effettuarne l'avviamento sotto l'azione del campo Ferraris.

E poichè inoltre, come dimostra la teoria,[1] $2\pi n L$ è il massimo valore che possa avere r acciocchè si abbiano, per determinati valori della velocità della rotazione, dei corrispondenti valori positivi del momento della coppia di rotazione, si può ancora dare una regola pratica per determinare la resistenza di avviamento da inserirsi in ciascuna spirale elementare di armatura, e dire, come hanno pienamente confermato le mie esperienze, che il valore della resistenza stessa deve essere inferiore, ma di poco inferiore, a quello massimo per cui è ancora compatibile, in corrispondenza di determinati valori della velocità della rotazione, il funzionamento del motore.

Dissi nella mia precedente Nota che le prime esperienze sul nuovo metodo di avviamento furono eseguite sopra un motore Brown della potenza di $3\,^1/_2$ cav., installato nel Laboratorio di Elettrotecnica del R. Museo Industriale italiano. Stante i pratici risultati ottenuti con l'applicazione del metodo stesso, si presentavano quindi necessari, per aggiudicarne l'importanza industriale, degli ulteriori esperimenti sopra motori di grande potenza.

E tali esperimenti mi furono resi possibili in grazia della squisita cortesia del signor Carlo Sutermeister, proprietario dell'impianto

---

[1] Nota precitata.

Digitized by Google

elettrico di Intra, del signor Alessandro Croppi, direttore dell'impianto stesso, e dell' amico carissimo ingegnere Giacomo Merizzi, direttore dell' impianto elettrico di Sondrio, il quale, altamente interessandosi del nuovo metodo, si adoprò a tutto dire per la sollecita effettuazione degli esperimenti in questione. A cotanta gentilezza mi sia ora concesso di rispondere pubblicamente con un grazie vivissimo esternato dal cuore riconoscente.

I tre motori, distribuiti sulla rete monofase dell' impianto di Intra, su cui furono eseguite le nuove esperienze, sono stati costrutti dalla Ditta Brown, Boveri e C.; funzionano rispettivamente alla velocità di circa 600, 800 e 400 giri al 1', sono rispettivamente della potenza di 12, 25 e 110 cav., e vennero avviati, fino a questi ultimi giorni, col solo carico dovuto alla cinghia ed alla puleggia folle, mediante il solito procedimento usato dal Brown, con cui si produce lo spostamento di fase fra le due correnti, che generano il campo Ferraris, per mezzo di una capacità di polarizzazione. I due primi motori, quelli di 12 e 25 cav., sono a bassa tensione (110 volt) ed il terzo, quello di 110 cav., è invece ad alta tensione (3000 volt): la frequenza della corrente alternata è uguale a 42.

Orbene, avendo applicato il nuovo metodo all' avviamento di detti motori, col carico dovuto alla cinghia ed alla puleggia folle, non solo si sono pienamente riscontrati i risultati già ottenuti sperimentando sul motore di piccola potenza, ma ancora si ottenne un nuovo risultato veramente degno di nota: e cioè che, in corrispondenza della resistenza di avviamento inserita in ciascuna spirale elementare di armatura, l' intensità efficace della corrente alternata nel circuito induttore, e nei primi istanti del periodo iniziale, è presso a poco uguale a quella che, nelle dette condizioni di carico, si ha nel periodo di funzionamento normale del motore. La quale condizione è di gran lunga più favorevole di quella che si trova essere soddisfatta allorquando, coi metodi escogitati fino ad oggi, si provvede alla messa in marcia dei motori asincroni monofasi facendoli funzionare, durante il periodo di avviamento, come motori a campo Ferraris.

Per le quali ragioni, previa speciale mia autorizzazione, il nuovo procedimento venne tosto applicato per l' avviamento dei motori installati nell' impianto elettrico di Intra: il che ha offerto il modo di dimostrare praticamente come il metodo stesso sia fuor d'ogni dubbio, non soltanto estremamente più semplice ed economico di quelli usati finora, ma ancora notevolmente più vantaggioso.

Digitized by Google

SULLA TRASFORMAZIONE

DELLA

CORRENTE TRIFASE O TRICORRENTE

IN CORRENTE MONOFASE.

Nota del Prof. GUIDO GRASSI.

(Lettura fatta nell'Assemblea Generale in Milano il 24 ottobre 1897.)

L'argomento sul quale vi debbo intrattenere riguarda la trasformazione della corrente trifase in corrente monofase, e gli esperimenti di cui vi esporrò alcuni risultati furono da me eseguiti in unione ad un egregio socio della sezione di Napoli, l'ing. Domenico Civita, che mi duole non abbia potuto intervenire a questa riunione per essere impedito da doveri d'ufficio.

Negli impianti per distribuzione di energia elettrica con correnti alternate polifasi si riscontra l'inconveniente che, quando in uno dei circuiti avvengono delle variazioni di carico, si producono in questo e negli altri circuiti delle variazioni di potenziale che disturbano il regolare funzionamento delle lampade e degli altri apparecchi che richiedono un potenziale costante.

Ciò accade particolarmente nella distribuzione trifase, quando si alimentano i vari gruppi di lampade formando tre circuiti derivati dai tre conduttori della linea, presi a due a due. Se il carico dei tre circuiti non è eguale, le differenze di tensione possono essere fortissime e tali da rendere impossibile la regolazione del sistema.

Si è cercato di rimediare a questo inconveniente in vari modi e specialmente aggiungendo un quarto filo; ovvero inserendo tutte le lampade in un solo circuito, cioè derivate fra due fili del sistema, e utilizzando il terzo filo soltanto per il servizio dei motori trifasi.

Si è pensato pure di ricorrere ad un egualizzatore formato da un sistema di tre bobine di reazione coi nuclei riuniti come quelli di un ordinario trasformatore trifase; i tre circuiti essendo concatenati a stella col centro congiunto al quarto filo.

Fu inoltre osservato che sullo squilibrio delle tensioni nei tre circuiti, per effetto delle variazioni di carico, influisce essenzialmente la

Digitized by Google

grandezza della reazione d'indotto nell'alternatore; se tale reazione è piccola, lo squilibrio è assai minore.

Un'altra disposizione ideata al medesimo scopo è quella che consiste nell'alimentare coi tre fili di linea i circuiti primari di tre trasformatori semplici collegati fra loro a triangolo (concatenazione chiusa), collegando invece a stella i secondari e formando i tre circuiti secondari ciascuno col quarto filo, che parte dal centro della stella, e con uno dei tre fili principali.

Tutti questi sistemi hanno ricevuto qualche applicazione, ma, pur ammettendo che in singoli casi abbiano servito ad ottenere la voluta regolazione, non pare che gli elettrotecnici vogliano considerare la questione risoluta nel miglior modo desiderabile. Perciò non vi sarà discaro se io vi intratterrò intorno ad un altro ordine di tentativi fatti per raggiungere il medesimo scopo.

Noi siamo partiti dal concetto che, forse, si risolverebbe la questione, ove fosse possibile ottenere la trasformazione della corrente trifase in una corrente monofase, con un solo apparecchio, che fosse nel medesimo tempo un trasformatore di tensione, in modo da sostituirsi ai trasformatori, che sempre occorrono nelle distribuzioni a correnti alternate, senza richiedere l'aggiunta del quarto filo o di altri apparecchi egualizzatori.

Se non che, quando le nostre ricerche erano già assai inoltrate, venimmo a conoscenza di un tentativo fatto nel medesimo senso dalla Elektricitäts-Actiengesellschaft, già Schuckert e C. di Norimberga, la quale fin dal 1894 aveva preso un brevetto per un apparecchio chiamato:

Trasformatore per trasformare la corrente polifase in monofase (Stromwandler zur Umwandlung von Mehrphasen- in Einphasenwechselstrom. Patentschrift N. 81995).

Ma l'apparecchio Schuckert non risolve la questione. E qui è necessario ch'io vi esponga la disposizione di tale apparecchio e il risultato degli studi e delle prove ch'io ne feci, per dimostrare che esso non corrisponde alle previsioni degli autori.

Il principio sul quale è basata la costruzione del trasformatore Schuckert è quello di produrre un campo magnetico oscillante per mezzo di un campo rotante, ossia di disporre le masse magnetiche in modo, che il campo magnetico in una parte di tali masse ruota, e in altra parte aumenta e diminuisce di intensità senza rotare. La corrente trifase alimenta i tre circuiti primari, che producono il campo rotante; la spirale secondaria unica è avvolta su quella parte della massa magnetica dove si ottiene il campo oscillante.

Digitized by Google

La figura 1 rappresenta la disposizione schematica dell'apparecchio. Il nucleo ha la forma di un anello con una traversa diametrale $A\,B$, costituita da una massa di ferro che riunisce i due punti A e B a guisa di ponte, e perciò si indicherà in seguito col nome di *ponte*.

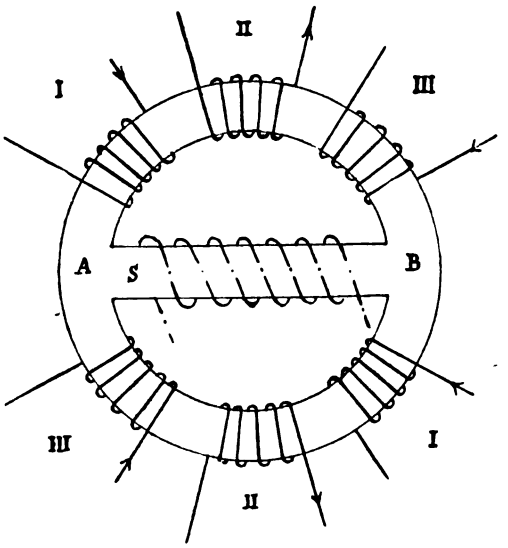


Fig. 1.

Le spirali primarie I, II, III sono avvolte sull'anello precisamente come si farebbe per creare il campo rotante in un motore trifase. Sul ponte è avvolta la spirale secondaria S. In luogo della forma ad anello gli inventori stessi propongono poi di adottare la forma a nuclei diritti, come più comoda e facile a costruirsi. Essa corrisponde a quella rappresentata dalla figura 3, dove i nuclei A e C riuniti dalle due traverse M e N costituiscono un circuito magnetico corrispondente all'anello della fig. 1, e il nucleo centrale B fa le veci del *ponte* e porta la spirale secondaria $S\,S$, mentre le spirali primarie I, II, III sono avvolte soltanto sui nuclei A e B, come si vede anche nella figura.

Ma osservo anzitutto che non è esatta la supposizione fatta dagli inventori che con tale disposizione si ottenga un campo rotante a produrre il quale concorrono ugualmente le tre correnti. L'effetto delle correnti primarie deve essere alterato dalla presenza del ponte, che crea una via di grande permeabilità magnetica in una determinata direzione, cosicchè non si otterrà il campo rotante come nel caso dei motori trifasi o polifasi in genere, nei quali lo spazio interno è occupato dal nucleo dell'organo mobile, simmetrico intorno all'asse, cosicchè ogni flusso componente del campo rotante si chiude sempre su di un circuito magnetico di reluttanza costante.

Nell'apparecchio Schuckert deve accadere che le tre correnti primarie trovandosi in diverse condizioni di fase rispetto al flusso magnetico nel ponte, lavorino anche con intensità diverse, e presumibilmente una di esse, che si troverà in maggiore concordanza col detto flusso, finchè il secondario è aperto, lavorerà nelle condizioni, presso a poco, della spirale primaria d'un trasformatore ordinario a vuoto;

Digitized by Google

e per effetto d'impedenza assorbirà appena una debole corrente. Invece negli altri due circuiti, essendo le correnti notevolmente spostate di fase rispetto al flusso, l'impedenza sarà piccola e l'intensità assai più forte.

Per meglio studiare questa particolarità, esaminiamo la disposizione della figura 2, nella quale ho disegnato un anello con sei spirali, per mostrare come devono essere disposte le correnti per produrre il campo rotante. Se si riuniscono i punti A e B con una traversa di ferro si ottiene la disposizione che corrisponde a quella del trasformatore Schuckert, dove la traversa forma il cosidetto *ponte*. Ciò val quanto dire che su ciascuna metà dell'anello, da una parte e dall'altra del ponte, vi sono tre spirali, percorse rispettivamente dalle tre correnti I, II e III spostate di 120°, ma quella di mezzo, cioè la II, invertita. Ovvero, ciò che è lo stesso, le tre spirali avvolte nel medesimo senso e le tre correnti spostate fra loro di 60°; poichè la II invertita equivale ad una corrente la cui fase sta esattamente in mezzo fra quelle della I e della III. In conclusione ciascuna metà dell'anello porta il flusso prodotto da tre correnti spostate fra loro di 60°, e siccome la risultante della I e della III ha la fase della II, il flusso generato deve avere una fase prossima a quella della corrente II. Si troverà quindi forte impedenza nel circuito II e piccola negli altri due.

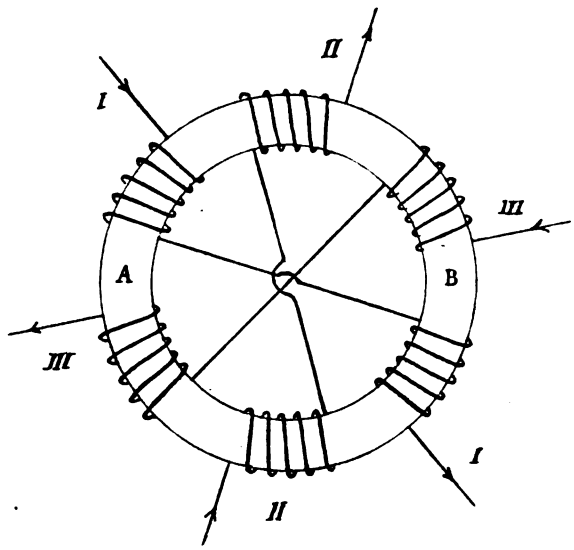


Fig. 2.

L'esperienza ha confermato pienamente queste considerazioni. Tanto con un apparecchio a forma di anello, come quello della fig. 1, quanto con un altro a nuclei diritti, come quelle della fig. 3 (v. contro), sempre abbiamo trovato che le spirali I e III assorbono una forte corrente anche a secondario aperto, e soltanto la spirale II lavora in buone condizioni.

Adunque il trasformatore basato su questo principio consuma una grande quantità di energia anche quando il secondario non lavora.

Digitized by Google

È poi da prevedere che, quando si faccia lavorare il secondario, l'energia venga fornita a preferenza da quello stesso circuito primario II, che già si trovava in concordanza col flusso. Inoltre, siccome per effetto della corrente secondaria, il flusso si sposta di fase, ritardando rispetto alla corrente primaria, degli altri circuiti primari I e III potrà rendersi in parte attivo quello che porta la corrente in ritardo di 60° rispetto alla II, perchè la sua fase verrà ad avvicinarsi alquanto a quella del flusso.

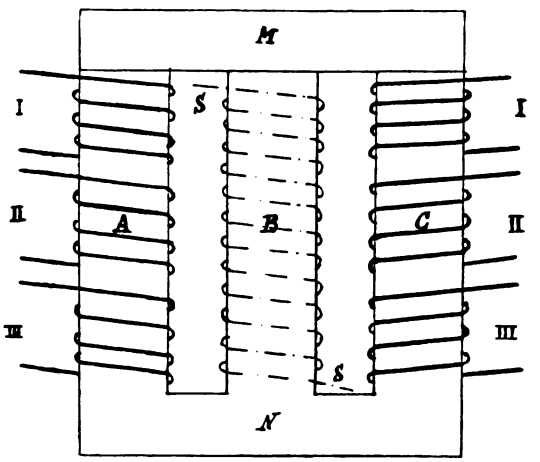


Fig. 3.

E infatti l'esperienza ha dimostrato che, al chiudere del secondario su di una piccola resistenza, la corrente primaria II aumenta notevolmente, la III segna pure un aumento ma piccolo, e la I rimane invariata.

L' apparecchio sperimentato era formato come quello della fig. 3, da tre nuclei diritti della lunghezza di 25 cm., costituiti da fogli di lamiera da $^1/_2$ mm. a forma di ⊔, cioè comprendenti i tre nuclei *A B C* colla traversa inferiore *N* in un sol pezzo. Si chiudeva il circuito magnetico colla traversa superiore *M*, pure di ferro lamellare, che veniva a combaciare colle teste dei nuclei e poi stretta con opportuno telaio e tiranti con bulloni a vite. Le sei spirali primarie comprendevano ciascuna 156 spire di filo da 1,2 mm.

Sul nucleo centrale si potevano adattare diverse spirali secondarie. In una prova con una differenza di potenziale di 80 V tra i fili di linea, e a secondario aperto, le intensità di corrente erano 3 Amp. nei circuiti I e III e 0,1 nel circuito II. Chiudendo il secondario di 154 spire su di una resistenza a liquido di circa 3 Ohm, la corrente I rimase quasi invariata, la II salì a 1,72 e la III a 3,25. Quest'ultima adunque non amentò che di 0,25 mentre la II crebbe di 1,62. Nel secondario la corrente era di 2,7.

È poi indifferente scambiare le tre correnti nelle tre spirali primarie di ciascun nucleo. Ciò dimostra che si ha una vera sovrapposizione di flussi magnetici, la quale produce sempre lo stesso effetto qualunque sia il posto occupato dalla spirale primaria corrispondente

Digitized by Google

a una data fase; ciò che non accadrebbe se fosse necessario produrre il campo rotante.

Interessante è anche l'osservazione che il potenziale che si ottiene al secondario diminuisce rapidamente al crescere del carico. Con una spirale secondaria di 618 spire, e avente la resistenza di circa 1,3 Ohm, quando il potenziale primario era di 85 volt, il potenziale secondario a circuito aperto (cioè chiuso soltanto sulla resistenza del voltometro) era 120 V. Chiuso il circuito successivamente su resistenze di 36 e di 10 Ohm, il potenziale ai morsetti discese rispettivamente a 23 e 7,5 V.

L'energia raccolta nel secondario è sempre piccolissima in relazione colle dimensioni dell'apparecchio. Il rendimento poi è bassissimo, appunto perchè i circuiti primari I e III assorbono sempre una corrente assai intensa, che rappresenta un lavoro tutto perduto.

Non posso citare cifre esatte, poichè le poche misure di energia, eseguite con tre elettrodinamometri, non lo furono in condizioni da permettere una valutazione precisa di quelle grandezze; ma, sia pure con grossolana approssimazione, si può dire che il rendimento non arriva al 20 %.

Possiamo bene adunque asserire, come dissi, che l'apparecchio Schuckert non risolve affatto il problema della regolazione di un sistema trifase; basterebbe il solo fatto, che, a secondario aperto, assorbe una enorme quantità di energia, per rendere tale apparecchio disadatto allo scopo.

Farò osservare finalmente che il trasformatore Schuckert, oltre al difetto di dare un effetto utile scarsissimo, e un rendimento bassissimo, presenta l'inconveniente di alterare le differenze di potenziale tra i fili di linea.

Già prima di conoscere l'apparecchio Schuckert, benchè guidati all'incirca dallo stesso ordine di idee, io e l'ing. Civita avevamo riconosciuto la necessità di ricorrere ad una combinazione di circuiti basata su di un principio diverso.

L'apparecchio o trasformatore che noi abbiamo studiato è basato sul principio di utilizzare i flussi generati dalle tre correnti in tre nuclei distinti, riunendo in un solo circuito le correnti secondarie indotte in un sistema di spire opportunamente avvolte sui nuclei stessi.

La forma del nostro apparecchio è quella di un trasformatore trifase, e la più comoda, sulla quale abbiamo anche eseguito il maggior numero di esperimenti, è quella a nuclei diritti paralleli, riuniti da due traverse come è rappresentato nella fig. 4, nella quale al solito I, II e III sono le tre correnti primarie, e le spirali secondarie

Digitized by Google

sono indicate con linee a tratti e punti. Nella figura le spirali secondarie dei nuclei *A* e *C* sono riunite in serie; la spirale secondaria *B* ha i suoi estremi 3 e 4 liberi.

La riunione si può fare in due modi, cioè congiungendo gli estremi 2 e 3, ovvero 2 e 4; nel primo caso i poli del secondario sono 1 e 4, nel secondo caso sono 1 e 3.

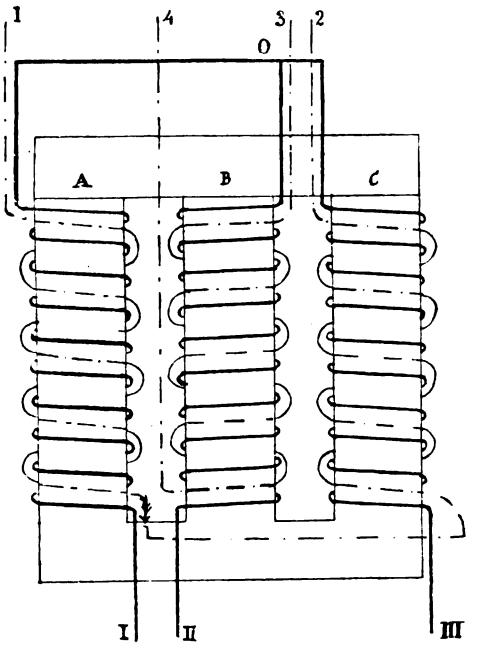


Fig. 4.

Nella figura la spirale primaria del nucleo *B* è avvolta in senso inverso delle altre due, e la concatenazione è *aperta* o *a stella*, essendo le tre spirali riunite in un punto neutro *O*.

Però si può anche avvolgere le tre spirali primarie tutte nel medesimo verso.

Col nostro apparecchio abbiamo ottenuto l'intento di ridurre al minimo la energia assorbita dai primari, quando il secondario non lavora, di raggiungere un notevole effetto utile, con elevato rendimento e mantenere sensibilmente costanti le tensioni o differenze di potenziale tra i fili di linea, pur variando il carico del secondario.

Se le tre spirali primarie sono avvolte nella medesima direzione e si raccoglie la corrente secondaria da spirali avvolte sui tre nuclei riunite fra loro in serie, gli effetti che si ottengono variano a seconda del modo di riunione; ma principalmente è interessante osservare come variano le intensità delle correnti e la energia assorbita nei circuiti primari, l'effetto utile e il rendimento dell'apparecchio.

Intanto è notevole il fatto che per ottenere un buon effetto utile e un elevato rendimento le spirali secondarie dei nuclei *A* e *C* (figura 4) devono essere riunite in senso contrario, cioè in modo che, vedute per es. da sopra, la corrente *C* proceda nelle spire in senso contrario di quella della spirale *A*; come è indicato nella figura.

Allé spirali *A* e *C* si può aggiungere, pure in serie, la spirale del nucleo *B*; con ciò si aumenta l'effetto utile, e in generale l'avvolgimento di tale spirale *B* può essere tanto nel senso della *A* quanto della *C*.

Digitized by Google

Però quando il secondario è in azione, si osserva sempre che le tre correnti primarie assumono valori diversi, e assai diverse sono pure le quantità di energia assorbite.

L'apparecchio che ci ha servito per gli esperimenti era formato dal medesimo nucleo già descritto; al quale si applicavano delle spirali opportunamente costruite. Le tre primarie erano di 310 spire ciascuna; le secondarie di 77.

Le misure si facevano con voltometri termici di Hartmann e Braun, ed elettrodinamometri del tipo Siemens con bobine e resistenze appositamente adattate per misure di energia.

Continuando le nostre esperienze abbiamo trovato che, per ottenere una migliore ripartizione della energia primaria nei tre circuiti, bisogna introdurre una modificazione, che consiste nell'invertire una delle correnti primarie, adottando quindi la disposizione dei primari rappresentata nella fig. 4. Però in tal caso, se il numero delle spire non è grandissimo, ed è nello stesso tempo eguale per tutti e tre i nuclei, avviene uno squilibrio fra le correnti primarie a vuoto, cioè a secondario aperto, e la quantità di energia assorbita è molto maggiore.

Tale inconveniente viene completamente soppresso se si dà un numero maggiore di spire alla spirale primaria nella quale si inverte la corrente. Per es. la disposizione da noi sperimentata principalmente era la seguente. Sui due nuclei A e C le spirali comprendevano ciascuna 310 spire, e sul nucleo centrale B un numero doppio. Nello stesso tempo la corrente II della spirale B era invertita. Per tal modo, a secondario aperto, i primari assorbivano una quantità di energia piccolissima, come in un ordinario trasformatore.

Collegando poi le tre spirali secondarie nel modo anzidetto, si otteneva un ottimo effetto utile, con rendimento elevato, paragonabile a quello dei trasformatori ordinari, e in pari tempo una ripartizione dell'energia primaria, se non perfettamente uniforme, tuttavia poco diversa nei tre circuiti.

E finalmente è notevole il fatto che, comunque si carichi il secondario, le differenze di potenziale fra i fili di linea non subiscono che variazioni piccolissime. Cosicchè il nostro apparecchio mentre da un lato ci fornisce una corrente monofase, che permette di alimentare un gruppo di lampade, d'altro lato lascia le condizioni della linea inalterate per quanto riguarda la differenza di potenziale tra filo e filo.

Si osserva però sempre una differenza fra le intensità delle correnti primarie; differenza che si accentua più o meno a seconda del modo di combinare fra loro le correnti secondarie. La combinazione

Digitized by Google

ultima accennata è quella che rende anche più uniforme la ripartizione delle correnti primarie; due di esse si conservano eguali, cioè la I e la II, e la III dà una intensità notevolmente maggiore.

Nell'applicazione ciò non produce alcun inconveniente, poichè basterà inserire i diversi trasformatori scambiando successivamente le comunicazioni coi tre fili di linea I, II e III.

Abbiamo anche studiato l'effetto di una variazione nel numero delle spire secondarie sui diversi nuclei, e ci è risultato che si migliorano le condizioni dell'apparecchio se uno dei secondari *A* o *C* ha un numero di spire un po' maggiore o minore degli altri due, e la spirale secondaria *B* si avvolge nel senso di quella che ha più spire. Risulta in tal caso meglio distribuito il lavoro fra i tre primari.

Se i tre circuiti primari sono tutti e tre avvolti nel medesimo senso, ossia non si inverte una delle correnti primarie, si ottengono ugualmente buoni effetti di induzione nei secondari collegati nel modo anzidetto, ma non si equilibrano egualmente bene i lavori e le correnti nei circuiti primari.

Infine abbiamo sperimentato un'altra disposizione dei primari, che dà egualmente buoni risultati. È quella rappresentata dalla fig. 5. Sul nucleo *B* si avvolgono due spirali primarie eguali e riunite in serie fra loro e con quelle dei nuclei *A* e *C*. Le comunicazioni coi tre fili della linea trifase si fanno collegando questi alle estremità delle spirali *A* e *C* e dal punto di riunione delle due spirali *B*, come è indicato nella figura.

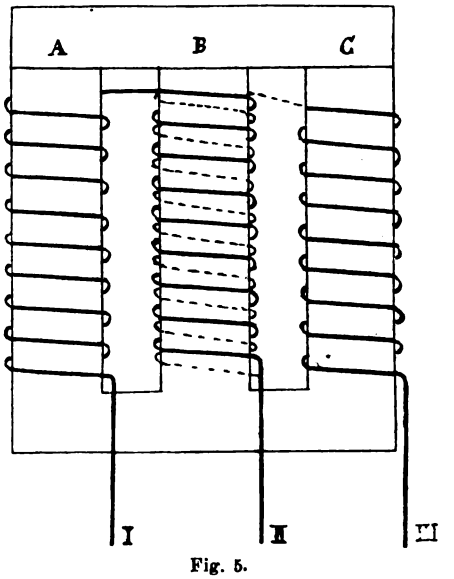


Fig. 5.

Dalle molte prove eseguite io potrei ricavare fin d'ora alcuni dati relativi all'effetto utile, al rendimento, ai valori delle correnti e delle energie assorbite nei diversi circuiti. Ma una discussione di tali dati sarebbe ora prematura, essendo nostro intendimento di studiare l'apparecchio con altri esperimenti, che ci permettano di darne una teoria completa. Ma qualunque sia il risultato di ulteriori studi e la opportunità di adottare l'apparecchio da noi ideato nelle distribuzioni trifasi, io mi lusingo che la comunicazione dei fatti sperimentali che vi ho esposti non sia stata per voi affatto priva d'interesse.

Digitized by Google

SUL CALCOLO DELL'INDOTTO

IN UNA DINAMO A CORRENTE CONTINUA.

Nota del Prof. GUIDO GRASSI

(Lettura fatta nell'Assemblea Generale in Milano il 24 ottobre 1897.)

D'ordinario quando si fa il calcolo per assegnare le dimensioni dell'armatura di una dinamo a corrente continua, si comincia collo stabilire quale debba essere la forma del nucleo, scegliendo per esempio la forma ad anello o a tamburo, e nello stesso tempo si assegna ad arbitrio il rapporto fra il diametro e la lunghezza.

Questo procedimento se può essere buono quando si vuole semplicemente riprodurre un determinato tipo di dinamo, solo facendone variare la potenza, non è da considerarsi come il procedimento più generale; esso non è necessario e neppure razionale.

Lo scopo di questa comunicazione è precisamente di mettere in evidenza tale principio, che non mi pare sia stato ancora preso in considerazione, e di mostrare come nel calcolo delle dimensioni dell'indotto bisogna tener conto di certe relazioni che portano per conseguenza ad un determinato rapporto fra il diametro e la lunghezza del nucleo.

Suppongo che si tratti di un indotto cilindrico o a tamburo, di uno dinamo bipolare, e indicherò con d il diametro e con l la lunghezza, cioè l'altezza del cilindro; entrambe queste dimensioni espresse in centimetri.

Se s'imagina fatta una sezione con un piano che passa per l'asse secondo il diametro di commutazione, l'area di tale sezione sarà $l\,d$; ma soltanto una parte di quest'area è occupata dal ferro del nucleo e si rende utile a trasmettere il flusso magnetico. Bisogna dunque moltiplicare l'area $l\,d$ per un coefficiente minore di 1, che diremo β, onde avere la sezione del ferro utile. Ammesso quindi che l'induzione nel ferro debba raggiungere il valore B, si avrà il flusso φ, che traversa normalmente il nucleo dell'indotto, dalla espressione

$$\varphi = \beta\, l\, d\, B. \qquad (1)$$

Digitized by Google

Le spire avvolte sull'indotto siano N, ed n sia il numero di giri a minuto primo. La forza elettromotrice ε, espressa in volt, sarà

$$\varepsilon = \frac{10^{-8}}{30} N n \varphi. \qquad (2)$$

Chiamando v la velocità periferica al secondo, in centimetri, si ha inoltre

$$v = \frac{\pi d n}{60}$$

e quindi

$$\varepsilon = \frac{2 . 10^{-8}}{\pi} \beta l N B v. \qquad (3)$$

In una dinamo, affinchè il rendimento raggiunga un certo valore, bisogna che le perdite dovute al riscaldamento degli avvolgimenti non oltrepassino certi limiti. Perciò si può dire che l'avvolgimento dell'indotto dovrà sempre soddisfare alla condizione che l'energia assorbita per effetto Joule non superi una determinata frazione dell'energia elettrica totale che si genera nell'indotto stesso.

Se la corrente totale sviluppata dalla dinamo è i ed r è la resistenza dell'indotto, la potenza perduta per effetto Joule sarà $r i^2$, e la potenza totale della dinamo εi.

Poniamo

$$\gamma = \frac{r i^2}{\varepsilon i} = \frac{r i}{\varepsilon}$$

ossia

$$\gamma \varepsilon = r i. \qquad (4)$$

Il rapporto γ dovrà sempre essere una piccola frazione, possibilmente inferiore a 0,02.

La resistenza r dell'indotto in una dinamo bipolare è eguale a $\frac{1}{4}$ della resistenza del filo che forma le spire. Per esprimere tale resistenza osservo che la lunghezza di una spira, nell'avvolgimento a tamburo, è sempre un po' maggiore di $2 (l + d)$ per effetto della inclinazione e della sovrapposizione dei fili sulle due basi del tamburo; potremo quindi ritenere che la lunghezza di una spirale sia $2 (l + d) \alpha$, indicando con α un coefficiente un po' maggiore di uno. Chiamando poi s la sezione del filo, o conduttore di forma qualun-

Digitized by Google

que, k la sua resistenza specifica, sempre riferita al centimetro di lunghezza e al centimetro quadrato di sezione, si può scrivere

$$r = \frac{1}{4}\, k\, \frac{2(l+d)\,\alpha}{s}\, N. \tag{5}$$

Ma l'avvolgimento dell'indotto non solo deve assorbire una piccola quantità di energia, ma non si deve riscaldare oltre una certa temperatura; e perciò bisogna che la sezione s sia proporzionata alla corrente. Ammesso che per ogni cm² la corrente normale non superi q Ampère, siccome ogni spira è percorsa dalla metà della corrente totale, si pone la condizione

$$i = 2\,s\,q, \tag{6}$$

la quale, introdotta nella precedente relazione, ci dà

$$r\,i = k\,\alpha\,q\,(l+d)\,N \tag{7}$$

e per la (4)

$$\gamma\,\varepsilon = k\,\alpha\,q\,(l+d)\,N. \tag{8}$$

Dividendo questa equazione per la (3) si ottiene

$$\gamma = \frac{\pi}{2}\, 10^{8}\, \frac{k\,\alpha\,q}{\beta\,B\,v}\left(1+\frac{d}{l}\right) \tag{9}$$

donde si vede che il rapporto fra diametro e lunghezza è direttamente legato ad altri elementi, i cui valori praticamente non sono arbitrari, ma debbono mantenersi fra certi limiti; alcuni di essi poi hanno valori ben determinati. Dunque fra diametro e lunghezza del cilindro sussiste una relazione ben definita e quindi non è razionale, come dissi, il procedimento, che si segue d'ordinario, di assegnare a priori il rapporto fra le dimensioni principali dell'indotto.

Dall'ultima equazione il rapporto $\frac{d}{l}$ risulta

$$\frac{d}{l} = \frac{2\,\beta\,\gamma\,v\,B}{\pi\,k\,\alpha\,q}\, 10^{-8} - 1. \tag{10}$$

Siccome il secondo membro deve sempre essere positivo, non solo, ma deve avere anche un valore non troppo piccolo, affinchè la armatura non risulti troppo allungata e il diametro così piccolo da rendere impossibile la costruzione, bisogna che sia

$$\frac{2\,\beta\,\gamma\,v\,B}{\pi\,k\,\alpha\,q}\, 10^{-8} > 1 \tag{11}$$

Digitized by Google

o, per meglio dire, notevolmente > 1. Ne risulterà

$$\gamma > \frac{\pi k \alpha q}{2 \beta v B} 10^8. \qquad (12)$$

Di qui si scorge quali sono le condizioni necessarie affinchè sia piccolo γ, ossia piccola la perdita di potenza per effetto Joule in rapporto colla potenza totale della dinamo. Conviene che sia grande la velocità periferica, forte l'induzione e grande il coefficiente β; una grande sezione permetterà in generale di raggiungere più facilmente lo scopo, potendosi meglio utilizzare lo spazio per dar passaggio al flusso magnetico.

Si può finalmente ottenere una formola per calcolare direttamente il valore del diametro dell'indotto, introducendo nella (10) la condizione che la superficie del cilindro abbia una grandezza sufficiente pel raffreddamento; sia per esempio di m centimetri quadrati per ogni watt assorbito dall'avvolgimento indotto. Considerando come superficie raffreddante solamente la parte convessa del cilindro, si avrà

$$\pi l d = m \gamma W \qquad (13)$$

essendo $W = \varepsilon i$ la potenza della dinamo. Dalla (10) si ottiene quindi

$$d^2 = \frac{m \gamma W}{\pi} \left\{ \frac{2 \beta \gamma v B}{\pi k \alpha q} 10^{-8} - 1 \right\}. \qquad (14)$$

Assegnati i valori dell'induzione, della velocità, della densità di corrente, e gli altri coefficienti α, β, m, che non possono variare di molto da un caso all'altro, è facile vedere che per un dato valore di γ la formola si riduce a

$$d = A \sqrt{W} \qquad (15)$$

cioè il diametro è proporzionale alla radice quadrata della potenza della dinamo, ed il coefficiente A avrà valori crescenti col crescere di γ.

Siano, per esempio

$$k = 1{,}75 \cdot 10^{-6}$$

$$v = 2000 \qquad B = 15000$$
$$q = 500 \qquad m = 5$$
$$\alpha = 1{,}1 \qquad \beta = 0{,}6.$$

La prima condizione da soddisfare è

$$\gamma > \frac{\pi \cdot 1{,}75 \cdot 1{,}1 \cdot 500 \cdot 10^2}{2 \cdot 0{,}6 \cdot 2000 \cdot 15000}$$

Digitized by Google

cioè

$$\gamma > 0{,}0084.$$

Posto quindi

$\gamma = 0{,}010$	si ha	$A = 0{,}055$
$0{,}015$		$0{,}137$
$0{,}020$		$0{,}209.$

Il rapporto fra diametro e lunghezza risulta

$$\frac{d}{l} = 119\,\gamma - 1$$

cioè per

$\gamma = 0{,}010$	$\frac{d}{l} = 0{,}190$
$0{,}015$	$0{,}785$
$0{,}020$	$1{,}380.$

Si vede che l'indotto a tamburo allungato si presta meglio a dare un buon rendimento elettrico.

Collo stesso procedimento si possono stabilire analoghe relazioni per l'indotto ad anello, e una volta calcolati il diametro e la lunghezza si determinano facilmente tutti gli altri elementi.

Digitized by Google

CIRCA UN NUOVO TIPO

DI

ACCUMULATORE LEGGERO.

Nota del Ten. Col. F. PESCETTO

(Lettura fatta nell'Assemblea generale in Milano il 24 Ottobre 1897.)

La leggerezza è una delle principali qualità richieste in un buon accumulatore; è utile, in generale, perchè corrisponde a una diminuzione delle spese di impianto; è necessaria, nel caso speciale della trazione, perchè solo raggiungendo un certo limite può render questa possibile.

La leggerezza deve essere considerata sotto tre punti di vista diversi:

Leggerezza relativamente all'energia accumulata, misurata dal numero di watt-ore per kg di piastre.

Leggerezza relativamente alla potenza disponibile alla scarica, misurata dal numero di watt per kg di piastre nel regime di scarica.

Leggerezza relativamente alla potenza sopportabile alla carica e utilizzabile alla scarica; essa può essere dedotta dal numero di ampere per kg di piastre nel regime di carica.

Pur troppo finora nessun accumulatore soddisfa completamente le esigenze (talvolta eccessive) degli elettrotecnici, riunendo in sè le tre specie di leggerezza. Queste sono anzi, fino a un certo punto, incompatibili fra di loro; poichè elevando i regimi di carica e di scarica si diminuisce la quantità di energia accumulabile.

Molto si è ottenuto, in quanto a leggerezza, dall'origine degli accumulatori ai nostri giorni.

Da una comunicazione sugli automobili elettrici fatta dall'Hospitalier alla *Société internationale des Eléctriciens* il 5 Maggio di quest'anno traggo i seguenti dati:

Il tipo *Faure* del 1881, al regime di scarica di 0,6 w:kg dava 7w—h:kg;

Il tipo *Faure-Sellon-Volckmar* del 1883, al regime di scarica di 2w:kg dava 8,5w—h:kg;

Digitized by Google

Verso il 1890 gli accumulatori per tramway al regime di scarica di 3w : kg davano 15-18 w - h : kg, e a quello di 5w : kg davano 12-10 w-h : gk.

Il tipo Fulmen del corrente anno

al regime di	1,5w : kg	dà	30w-h : kg	di peso	totale
„	5,0 „	„	25	„	„
„	10,0 „	„	20	„	„

Fra questi dati mancano quelli relativi al regime di carica. Essi non avevano importanza per il caso particolare degli automobili che formava oggetto dello studio dell'Hospitalier; ne hanno invece, e molta, quando si tratta di applicare gli accumulatori alla trazione delle vetture dei tramway nel modo ben noto adottato a Annover, a Dresda, a Parigi e altrove. Lo stesso Hospitalier però, per dimostrare come la carica rapida fatta in determinate stazioni non sarebbe in generale opportuna per gli automobili, osserva: " bisogna pur riconoscere che gli accumulatori detti a rapida carica hanno una capacità specifica di energia molto piccola, da 3,6 a 5,5 w - h : kg di piastre, al massimo. „

E per conseguenza anche l'elevata capacità di energia che ha il Fulmen caricato a regimi normali, sarebbe notevolmenente ridotta quando fosse sottoposto a regimi di carica forzati, superiori cioè a 3 am : kg.

È legittimo sperare un accumulatore migliore? Quali direttive si possono prendere per studiarlo?

Lasciando da parte le reazioni secondarie, probabilmente assai complesse, che si sviluppano in un accumulatore durante la carica e la scarica possiamo ammettere che la reazione principale sia rappresentata dalla nota formula

$$Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 = PbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4.$$

Applicando questa formula si riconosce che effettivamente una piccola frazione soltanto della materia attiva è utilizzata. E questa deduzione teorica è ampiamente dimostrata dall'esperienza. Il Prof. Eric Gerard, sperimentando nel 1886 su un accumulatore Julien del tipo per tramway, concluse che si utilizza solo $^1/_6$ della materia attiva, e nel 1890 Ayrton e Robertson con esperienze su accumulatori *Electrical-Power-Storage* del tipo 1888 stabilivano che solo la metà del perossido delle piastre positive si trasforma in solfato nella scarica.

Digitized by Google

Per aumentare la quantità di energia accumulata nell'accumulatore basterebbe quindi trovar modo di far entrare in reazione in proporzione maggiore la massa della materia attiva.

Ma a ciò si opporrebbe il fatto che il solfato di piombo è poco conduttore dell'elettricità, cosicchè quando la proporzione di esso superasse un certo limite la corrente di scarica sarebbe troppo ridotta, e la carica successiva sarebbe resa più difficile.

E pertanto, mentre da una parte è necessario che una maggior proporzione di materia attiva entri in reazione, occorre dall'altra che la conduttività della stessa materia non venga perciò troppo diminuita.

Consideriamo ora i regimi di carica e di scarica. Se il regime di carica, o la corrente, è troppo grande le reazioni non hanno il tempo necessario per prodursi nell'interno della materia attiva, e una parte dei gas che si sviluppano nell'elettrolisi dell'acqua si svolgono liberamente con perdita di energia. Per rendere possibile una maggior intensità della corrente di carica sarebbe quindi necessario permettere ai gas un più facile accesso nell'interno della materia attiva; l'ideale sarebbe di trovar modo, per così dire, di far assorbire i gas dalla stessa materia.

Se il regime di scarica è troppo elevato, è allora l'acido solforico che non può affluire abbastanza rapidamente nell'interno della materia attiva per solfatarla. Occorrerebbe rimediare all'inconveniente in modo analogo a quello indicato per facilitare l'afflusso dei gas.

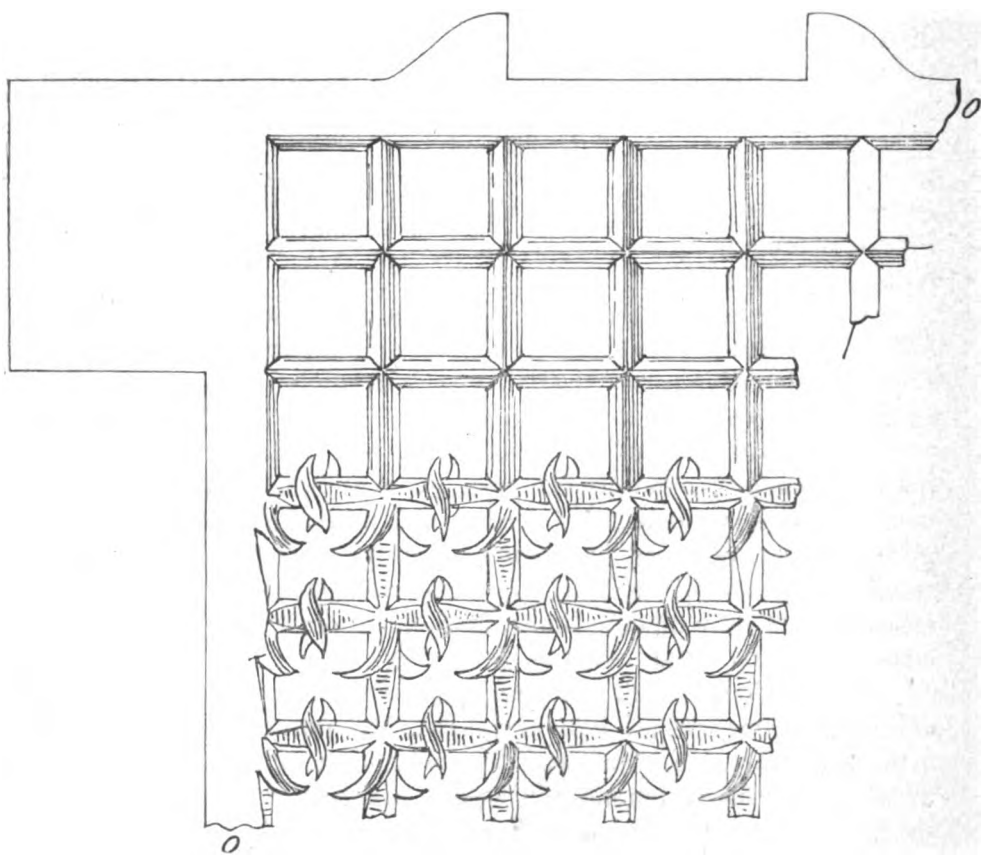
Le reazioni nell'interno della massa, sia nella carica sia nella scarica vengono facilitate coll'aumentare la superficie metallica delle piastre, il che ne aumenta la conduttività media. Nelle piastre a griglia, per esempio, per aumentare la superficie si possono adottare maglie più ristrette; ma poichè la grossezza delle nervature non può essere ridotta oltre un dato limite, se si facesse in tal modo si aumenterebbe troppo il peso delle piastre.

Una condizione della massima importanza, alla quale devono poi soddisfare le piastre nel loro complesso, è la durata. È noto che la materia attiva tende a staccarsi dal sostegno metallico, e tende a ciò tanto maggiormente quanto più elevati sono i regimi di carica e di scarica. Il distacco è molto facilitato dalle scosse alle quali gli accumulatori siano soggetti, come quando essi sono impiegati alla trazione. In quanto alla stabilità meccanica gli accumulatori tipo Planté sono in condizioni migliori di quelli tipo Faure, ma hanno l'inconveniente di pesare molto di più di questi ultimi.

Tracciata la strada che mi pareva opportuno seguire per ottenere un accumulatore di maggior leggerezza sotto tutti gli aspetti, espongo i mezzi con i quali credo di aver raggiunto lo scopo.

Digitized by Google

Esaminate le varie piastre a me note mi parve che quella che meglio si prestava a portare la corrente nell' interno della massa attiva, che meglio abbracciava questa in ogni sua parte, impedendone il distacco, senza però eccedere limiti convenienti di peso, fosse la piastra a griglia della Società italiana di elettricità sistema Cruto. In questa piastra la sezione trasversale delle nervature presenta un'altezza molto grande rispetto alla larghezza. Con adatto coltello si praticano nelle nervature opportune intaccature, mediante le quali si ottengono per ogni alveolo (su ciascuna faccia della piastra) quattro punte, che si protendono verso il suo mezzo.



È evidente che, se la griglia fosse fabbricata di solo piombo, le punte sarebbero presto alterate dalle reazioni chimiche, e non servirebbero più a nulla. Se ne prolunga moltissimo la durata sostituendo al piombo una lega di tale metallo non attaccabile dall' elettrolito.

Digitized by Google

Ma se la griglia ha una certa importanza per alleggerire l'accumulatore, non ha però l'importanza principale. Occorre, come sopra si è detto, facilitare l'arrivo dei gas e dell'acido fino alle ultime particelle della materia; occorre ancora impedire che per l'aumentata proporzione del solfato la massa risulti troppo poco conduttrice.

Una sostanza che, mescolata ai soliti ossidi di piombo che costituiscono la materia attiva, pare dia a questa tutte le volute proprietà è l'ulmato d'ulmina, ottenuto trattando in modo conveniente lo zucchero coll'acido solforico. Questo composto inoltre, essendo alquanto agglutinante, non diminuisce la stabilità meccanica della piastra; alla quale dà anzi (per quanto riguarda la materia attiva) una certa elasticità.

Da esperienze che hanno durato per oltre un anno presso le officine della detta Società Cruto per opera del suo direttore ingegnere Carmine Siracusa, risulta che il nuovo accumulatore con

un regime di carica di	2 a-kg,	scaricando a	4,6 w-kg,	dà	26 w-h : kg
„	„	„	„	„	8,5 w-kg,	„	24 w-h : kg
„	„	10 a-kg	„	„	4,6 w-kg,	„	13 w-h : kg
„	„	„	„	„	8,5 w-kg,	„	12 w-h : kg
„	„	20 a-kg	„	„	4,6 w-kg,	„	7 w-h : kg
„	„	„	„	„	8,5 w-kg,	„	6,8 w-h : kg

Questo accumulatore pertanto, il quale non sarebbe inferiore ai migliori conosciuti per capacità di energia accumulata, quando fosse sottoposto a regimi normali di carica e di scarica, sarebbe superiore agli altri quando si elevassero tali due regimi, e il vantaggio risulterebbe tanto maggiore quanto più elevati fossero i due regimi stessi.

Le proprietà dell'accumulatore ne indicano gli usi ai quali converrebbe più specialmente destinarlo:

1.° — Alle batterie di regolazione nelle stazioni, quando fossero soggette a regimi molto variabili, superiori a quelli normali;

2.° Alla trazione di automobili;

3.° In particolar modo alla trazione su linee di tramway.

Risulterebbe per esempio che per trainare una vettura dello stesso tipo di quelle che fanno servizio con accumulatori a Parigi fra la Madeleine e Courbevoie nelle stesse condizioni di peso di vettura (10400 kg. senza accumulatori), di percorso e di velocità la batteria non peserebbe, tutto compreso, che 1600 kg. invece di 3600, peso di quella colà impiegata.

Digitized by Google

Per un automobile del peso totale di circa una tonnellata occorrerebbe una batteria del peso di circa 300 kg. per poter percorrere, senza ricaricare, una distanza di 75 km. ad una velocità variabile da 15 a 25 km. all'ora.

L'accumulatore è stato specialmente studiato perchè soddisfacesse alle esigenze della trazione. Non mi lusingo di aver completamente risolto il problema, ma spero di aver fatto fare alla questione un passo avanti.

Spetta a voi, egregi colleghi, giudicare colla vostra esperienza se realmente questo passo fu fatto, e quale ne sia l'importanza.

Digitized by Google

UNA MODIFICAZIONE AL METODO DELL'AUTORE

PER

L'AVVIAMENTO DEI MOTORI ASINCRONI

A CORRENTE ALTERNATA SEMPLICE [1]

Nota di RICCARDO ARNÒ.

(Lettura fatta nella Sezione di Torino il 29 dicembre 1897.)

In una prima Nota [2] ho posto in chiaro una nuova proprietà di cui godono i motori asincroni a corrente alternata semplice: e cioè che per un valore critico della resistenza delle spirali elementari di armatura — valore che è uguale ad $\alpha . 2\pi n L$, ove L è l'induttanza di dette spirali, n la frequenza della corrente alternata, π il rapporto della circonferenza al diametro ed α un numero minore dell'unità — la curva, i punti della quale hanno per ascisse i valori della velocità angolare m dell'armatura e per ordinate i valori del momento W della coppia motrice, riceve all'origine una inclinazione, rispetto all'asse delle ascisse, tale che a piccolissimi valori di m, come sono quelli che si possono ottenere mediante un leggerissimo impulso alla parte mobile del motore, corrispondono dei valori di W abbastanza grandi per essere superiori al momento della coppia resistente dell'apparecchio a vuoto o sotto debole carico.

In seguito, in una seconda Nota, [3] ho esposto i risultati di varie esperienze sopra motori di grande potenza, le quali ebbero per iscopo di dimostrare l'importanza pratica del nuovo sistema di avviamento dei motori asincroni a corrente alternata semplice, basato sull'effetto della resistenza critica delle spirali elementari di armatura.

Finalmente, in una Comunicazione [4] fatta alla "Association des Électriciens„ a Parigi, ho esposto analiticamente la teoria ele-

---

[1] Lavoro eseguito nel Laboratorio di Elettrotecnica del R. Museo industriale italiano in Torino.

[2] Lettura fatta nella Sezione di Torino il 22 settembre 1897.

[3] Lettura fatta all'Assemblea Generale in Milano il 24 ottobre 1897.

[4] Comunicazione fatta alla "Association des Électriciens„ a Parigi il 1.° dicembre 1897.

Digitized by Google

mentare del mio metodo di avviamento, ciò che mi condusse sia alla determinazione del valore della costante $\alpha\,(\alpha = \sqrt{2} - 1 = 0{,}414)$, che figura nell'espressione del valore della resistenza critica, sia alla conoscenza delle principali proprietà di cui godono i motori asincroni a corrente alternata semplice, per l'effetto della resistenza critica medesima.

In questa Nota intendo ora descrivere una modificazione al mio metodo di avviamento, in grazia della quale si provvede al leggerissimo impulso iniziale alla parte mobile del motore mediante la produzione, nel primo istante dell'inserzione dell'apparecchio in circuito, di una *dissimmetria elettrica* nell'avvolgimento di armatura: e ciò alla sola condizione, a cui del resto è sempre possibile soddisfare, che la detta parte mobile non si trovi all'inizio in una posizione corrispondente ad un *punto morto*.

Un mezzo di ottenere una tale *dissimmetria elettrica*, nel primo istante del periodo di avviamento, consistendo nel mantenere aperto durante questo istante, per poi tosto chiudere, il circuito di una delle spirali elementari di armatura.

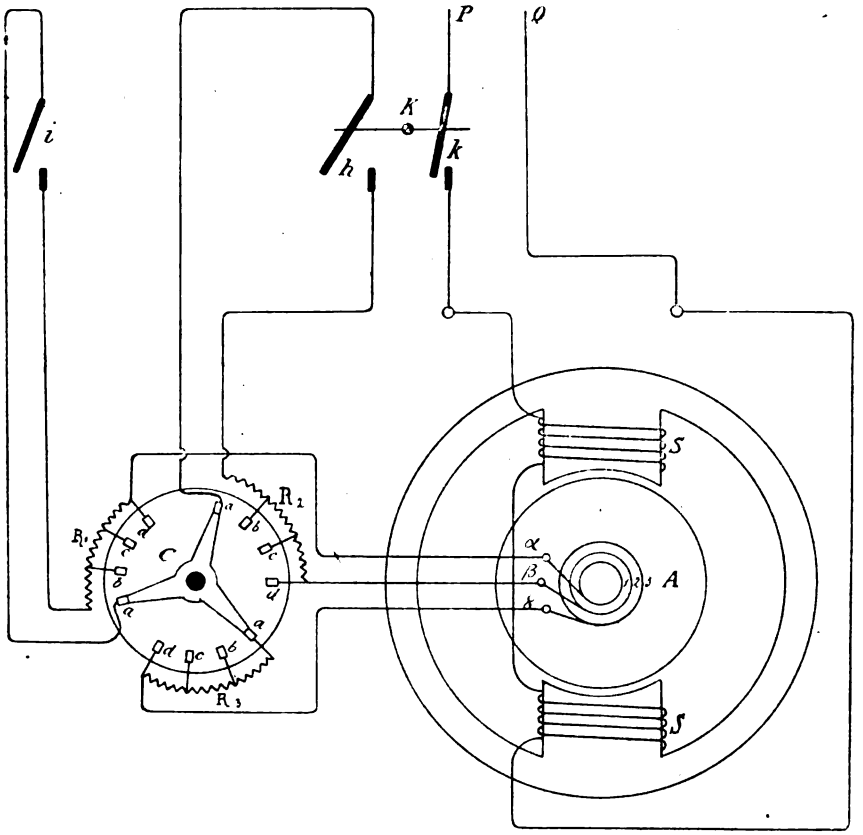
Supponiamo che il motore, rappresentato schematicamente nella figura 1, sia bipolare con armatura A ad avvolgimento trifase. Sia $S\,S$ l'avvolgimento induttore e siano s_1, s_2, s_3 (fig. 2) le tre spirali elementari, di cui si compone l'avvolgimento di armatura, riunite per una delle loro estremità in un punto O, le tre altre estremità libere essendo rispettivamente collegate a tre anelli 1, 2, 3, sui quali appoggiano tre spazzole α, β, γ, che possono, per mezzo del commutatore C a tre braccia, essere riunite direttamente fra di loro od attraverso alle resistenze R_1, R_2, R_3: ciascuna di queste essendo, a tale effetto, riunita ad un'estremità ad uno degli anelli 1, 2, 3, e suddivisa in varie parti collegate a parecchi segmenti a, b, c, d, coi quali le braccia del commutatore C possono venire successivamente in contatto.

Ora una delle tre spirali, per esempio la s_2, a cui corrisponde l'anello 2, la spazzola β e la resistenza addizionale R_2, sia mantenuta aperta, per mezzo dell'interruttore h, durante il primo istante in cui, coll'agire sull'interruttore k, si inserisce il motore nel circuito $P\,Q$ della corrente alternata, per cui funziona l'apparecchio. La disposizione delle varie parti potendo essere tale, come è indicato nella figura 1, che, agendo sul commutatore K, si venga dapprima a chiudere il circuito $P\,Q$ del motore e, dopo un brevissimo intervallo di tempo, il circuito della spirale s_2 di armatura, che era stato mantenuto momentaneamente aperto.

Digitized by Google

Conseguentemente avviene che, nel primo istante in cui si agisce su K e quindi su k, si produce, per il fatto che il circuito di una delle spirali elementari di armatura è interrotto, ed in virtù del principio delle ripulsioni elettrodinamiche di Elihu Thomson, una ro-

Fig. 1



tazione corrispondente ad una frazione di giro della parte mobile dell'apparecchio; dopo di che, continuando ad agire su K e quindi anche su h, e risultando perciò chiuso il circuito della spirale in questione, il motore prende ad avviarsi per l'effetto della resistenza critica delle spirali elementari di armatura: come altrimenti avverrebbe allorquando si fosse provveduto a mano al leggerissimo impulso iniziale alla parte mobile del motore.

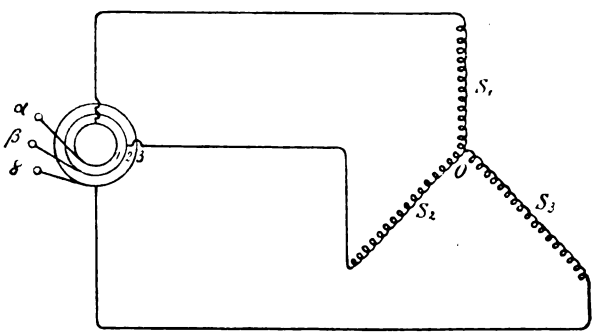
È inutile dire che l'effetto descritto si può accrescere notevolmente facendo in modo che nel primo istante del periodo di avviamento la resistenza delle spirali di armatura s_1 ed s_3, che sono allora

Digitized by Google

in azione, sia relativamente piccola: per essere però trasformata nella resistenza critica non appena si sia terminato di agire sul commutatore K, e che per conseguenza, con l'abbassamento del tasto h, si sia chiuso il circuito della spirale s_2.

Ho detto che per applicare l'esposto metodo necessita che l'armatura non si trovi all'inizio in una posizione corrispondente ad un *punto morto*, ed ho soggiunto che è però sempre possibile soddisfare ad una tale condizione. E così, per esempio, un modo pratico e semplicissimo consiste nell'interrompere, mediante l'interruttore i (fig. 1), prima di provvedere all'avviamento del motore, il circuito di una delle due spirali s_1 ed s_3, per esempio della s_1, ed inserire in tali condizioni l'apparecchio in circuito agendo sul commuttatore K. Essendo allora chiusi i circuiti delle spirali s_2 ed s_3, ma aperto quello della s_1, l'armatura prenderà a ruotare di una determinata frazione di giro, così da disporsi in una posizione corrispondente ad un *punto morto* in relazione alle due spirali in azione s_2 ed s_3. Chiuso allora il circuito della spirale s_1, l'apparecchio si troverà nelle volute condizioni per essere avviato secondo il metodo precedentemente esposto, poichè la posizione della parte mobile dell'apparecchio rispetto a quella fissa non potrà mai rappresentare un *punto morto* in relazione alle spirali s_1 ed s_3, che entrano in giuoco nel primo istante del periodo di avviamento: nel primo istante, cioè, in cui, agendo sul commutatore K,

Fig. 2



si viene a chiudere il circuito PQ, lasciando però momentaneamente aperto il circuito della spirale s_2.

Questo procedimento permette anche di invertire il verso della rotazione del motore, poichè a tal uopo basterà operare, mediante l'interruttore i, invece che sul circuito della spirale s_1, su quello della spirale s_3.

Digitized by Google

CIRCA

IL MOTORE ASINCRONO MONOFASE DEL BROWN
E IL SUO AVVIAMENTO COL SISTEMA ARNÒ

Nota

dell' Ing. G. B. MAFFIOTTI e del Ten.° Col.° F. PESCETTO

(Comunicazione fatta alla Sezione di Torino, 29 Dicembre 1897.)

Il prof. R. Arnò gentilmente mi invita a rendervi conto di alcuni studi, fatti in compagnia dell'amico ing. G. B. Maffiotti, circa il metodo di avviamento del motore asincrono monofase [1] del Brown da lui ideato e da lui così brillantemente esposto. Accetto con piacere il suo invito pregandovi in precedenza di scusarmi se, per la natura della questione, sarò obbligato a servirmi degli x e degli y.

Detto k il momento della coppia motrice di un motore asincrono a campo magnetico Ferraris e k' quello della coppia motrice del motore monofase, si hanno le seguenti equazioni [2]:

$$k' = \pi N B^2 S^2 \frac{r(n-m)}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n-m)^2} \qquad [1]$$

$$k' = \pi N B^2 S^2 \left\{ \frac{r(n-m)}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n-m)^2} - \frac{r(n+m)}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n+m)^2} \right\} \qquad [2]$$

nelle quali S è la superficie, r la resistenza ed L il coefficiente di autoinduzione di una delle spirali dell'armatura, N è il numero delle spire e B il valore costante ed uniforme dell'induzione magnetica nel campo Ferraris, o la metà del valore massimo dell'induzione nel campo alternativo del motore monofase, n la frequenza dei due campi, m la velocità di rotazione dell'armatura.

La figura 1.ª rappresenta l'andamento della linea nella quale si traduce la formola [1] quando si prende m come ascissa e k come ordinata essendo OC e OY rispettivamente gli assi di riferimento.

---

[1] Per quanto sia impropria la denominazione di *monofase* riferita a una sola corrente, pure si è conservata essendo costantemente adoperata per indicare tale motore.

[2] Vedasi SAHULKA. *Theorie der Thomsonschen (Brownschen) Motoren für gewöhnlichen Wechselstrom.* " Elektrotechnische Zeitschrift „ Berlin, 7 Juli 1893, pag. 391. — Oppure: GALILEO FERRARIS. *Un metodo per la trattazione dei vettori rotanti od alternativi*, ecc.: " Memorie della Reale Accademia delle scienze di Torino „ Serie II, tom. XLIV, 3 dic. 1893.

Digitized by Google

Il prof. Galileo Ferraris, nella Memoria citata nella pagina precedente, fece rilevare come l'analoga linea relativa a k' si ottenga portando in $Q P_0 C_0$ la linea simmetrica, rispetto all'asse $O Y$, alla porzione $Q P_2 C_1$, della $C V Q C_1$, e prendendo per valore di k' corrispondente ad un valore Op_1 di m l'ordinata $p_1 P$ eguale al segmento $P_0 P_1$ compreso fra le due linee.

Ciò premesso, si tratta di studiare l'influenza che ha sull'andamento delle due curve il valore della resistenza r dell'armatura, valore che si può far crescere a volontà inserendo delle resistenze in serie coll'armatura.

Per semplicità conviene porre:

$$\frac{N B^2 S^2}{4 L} = A, \quad \frac{m}{n} = x, \quad \frac{r}{2 \pi n L} = z.$$

Le equazioni [1] e [2] si convertono nelle

$$k = 2 A \frac{z (1 - x)}{z^2 + (1 - x)^2} \qquad [1']$$

$$k' = 2 A \left(\frac{z (1 - x)}{(z^2 + (1 - x)^2} - \frac{z (1 + x)}{z^2 + (1 + x)^2} \right) \qquad [2']$$

L'equazione [2'] si può anche scrivere sotto la forma

$$k' = 4 A z x \frac{1 - x^2 - z^2}{[(1 - x)^2 + z^2] [(1 + x)^2 + z^2]} \qquad [2'']$$

Poichè n e $2 \pi n L$ sono costanti, x e z possono essere rispettivamente considerate come una velocità di rotazione e come una resistenza.

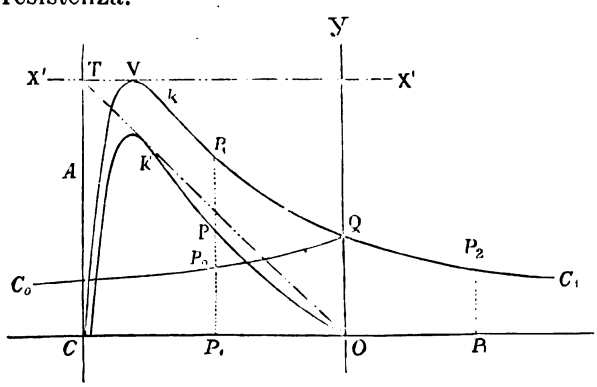


Fig. 1.ª

Considerando k k' come ordinate di curve aventi per ascissa la velocità x, le equazioni [1] e [2] rappresentano due sistemi di curve (fig. 1.ª), aventi un solo parametro arbitrario z, poichè A è un coefficiente costante che non ha altro effetto che di variare la scala delle ordinate.

Si supporrà che z abbia valori compresi fra 0 ed 1, cioè che r sia compreso fra 0 e $2 \pi n L$, perchè per valori di z maggiori di 1

Digitized by Google

il momento k', come appare dall'equazione [2'], sarebbe sempre negativo.

È noto che se si fa variare il parametro z per gradi infinitesimi e si immaginano tracciate le curve corrispondenti, il luogo geometrico dei punti in cui due di queste curve successive si incontrano, prende il nome di *linea inviluppo*. Si trova l'equazione di questa linea risolvendo come simultanee l'equazione della curva e l'equazione che si ottiene eguagliando a zero la derivata dell'equazione della curva rispetto al parametro variabile.

L'inviluppo delle curve rappresentate dall'equazione [1'] si ottiene combinando quest'equazione colla $\frac{dz}{dz} = 0$, la quale dà

$$z = 1 - x. \qquad [3]$$

Portando questo valore z nella [1'] si trova

$$k = A:$$

nel motore polifase la linea inviluppo è una retta $X'X'$ parallela all'asse delle ascisse. In altri termini le curve del motore polifase hanno per i vari valori della resistenza z una ordinata massima costante, ed eguale a

$$A = \frac{N B^2 S^2}{4 L}.$$

Variando z uniformemente da zero ad uno, cioè variando r da zero a $2 \pi n L$, il vertice della curva si muove uniformemente lungo la $X'X'$. L'ascissa x del vertice è data dalla equazione [3], cioè dalla

$$x = 1 - z. \qquad [3]$$

La linea inviluppo delle curve k' si ottiene combinando coll'equazione (2) la

$$\frac{dk'}{dz} = 0.$$

Da questa, dopo alcune semplificazioni, si ha

$$z^6 - (5 - x^2) z^4 - (5 - 6x^2 + x^4) z^2 + (1 - x^2)^3 = 0$$

ossia

$$[z^2 + 1 - x^2][x^4 - 2(3 - x^2) z^2 + (1 - x^2)^2] = 0.$$

Poichè nel nostro caso è sempre $x < 1$ se si ponesse

$$z^2 + 1 - x^2 = 0$$

si avrebbero per z dei valori immaginari; deve quindi essere

$$z^4 - 2(3 - x^2) z^2 + (1 - x^2) = 0$$

Digitized by Google

da cui, tralasciando le radici che corrispondono a valori di z maggiori di 1

$$z^2 = 3 - x^2 - 2\sqrt{2 - x^2} \qquad [4]$$

e $$z = \sqrt{3 - x^2 - 2\sqrt{2 - x^2}}.$$

Il secondo radicale si può far sparire; e allora si ottiene

$$z = \sqrt{2 - x^2} - 1. \qquad [5]$$

Portando questo valore di z nell'equazione [2] e tenendo conto delle relazioni

$$z^2 + (1 - x)^2 = 2(1 - x - z)$$
$$z^2 + (1 + x)^2 = 2(1 + x - z)$$

conseguenze delle [4] [5] si ha

$$k' = A\left(\frac{z(1 - x)}{1 - x - z} - \frac{z(1 + x)}{1 + x + z}\right)$$

riducendo allo stesso denominatore i due termini fra parentesi e avvertendo che, sempre in conseguenza delle [4] [5], è

$$(1 - z)^2 - x = 2z^2$$

si trova

$$k' = A\,x. \qquad [6]$$

La linea rappresentata da questa equazione è la retta $O\,T$, ipotenusa del triangolo rettangolo avente per cateti la velocità massima $x = 1$, cui corrisponde $m = n$, e l'ordinata massima $C\,T = A$.

La linea inviluppo $O\,T$ può anche ricevere un'altra intepretazione. Per un dato valore dell'ascissa x, l'ordinata k' ha valori diversi corrispondenti ai vari valori che si possono attribuire a z: la massima fra queste ordinate è eguale all'ordinata della retta $O\,T$, la quale può così considerarsi come il luogo geometrico delle estremità delle ordinate massime corrispondenti a una data ascissa.

Per lo studio delle curve k' gioverà ancora scrivere l'equazione $\frac{dk'}{dx} = 0$ che dà l'ascissa del vertice di una curva. Si trova

$$\frac{(1 - x)^2 - z^2}{[(1 - x)^2 + z^2]^2} + \frac{(1 + x)^2 - z^2}{[(1 + x)^2 + z^2]^2} = 0 \qquad [7]$$

da cui

$$x^6 - (1 - z^2)\,x^4 - (1 + 10\,z^2 + z^4)\,x^2 + (1 + z^2)^2(1 - z^2) = 0. \qquad [8]$$

Rappresentando con $f(x)$ il 1.° membro di quest'equazione, e ponendo in esso $x = 1 - z$ si trova

$$f(1 - z) = 8\,z^4(1 - z).$$

Digitized by Google

Se z è piccolo, 8 z^4 $(1 - z)$ è piccolissimo e trascurabile, e allora

$$x = 1 - z$$

è una radice molto approssimata dell'equazione [8].

È facile dimostrare che questo valore approssimato è inferiore al valore vero. Questo difatti, essendo compreso fra zero e uno, rende positivo il 2.° termine dell'equazione [7], poichè z è minore di 1; dunque il 1.° termine dev'essere negativo, ossia deve essere

$$(1 - x)^2 - z^2 < 0, \quad \text{da cui} \quad x > 1 - z.$$

L'ascissa del vertice della curva del motore polifase è rigorosamente, come si è visto,

$$x = 1 - z.$$

Pertanto le curve del motore polifase e quelle del monofase, per uno stesso valore della resistenza z, hanno massimi che corrispondono prossimamente ad una stessa ascissa: però il massimo delle curve k' è alquanto più lontano dall'asse $O\ Y$.

Se si porta $x = 1 - z$ nella [2'] si ha per valore approssimato dell'ordinata k'_v del vertice della curva

$$k'_v = 2\,A\,\frac{(1-z)^2}{1 + (1-z)^2}.$$

L'ordinata R invece del punto di contatto della stessa curva colla $O\ T$ è

$$R = \mathrm{A}\,x$$

ossia, per la [5]

$$R = A\sqrt{2 - (1+z)^2}.$$

Nella seguente tabella sono indicati i rapporti $\frac{k'_v}{A}$ e $\frac{R}{A}$ corrispondenti a diversi valori di z

z	$\frac{k'_v}{A}$	$\frac{R}{A}$
0,10	0,90	0,89
0,15	0,85	0,82
0,20	0,78	0,75
0,25	0,72	0,66
0,30	0,66	0,56
0,35	0,59	0,42
0,40	0,53	0,20

Siamo ora in grado di conoscere come variano le curve k' quando si faccia variare la z da 0 ad 1, ossia la resistenza r da 0 a $2\pi n L$.

Digitized by Google

Si premette che tutte le curve k' passano per O, e che tutte presentano in O un punto d'inflessione, poichè essendo k' una funzione che cambia di segno e non di valore cambiando x in $-x$, le curve sono simmetriche rispetto ad O.

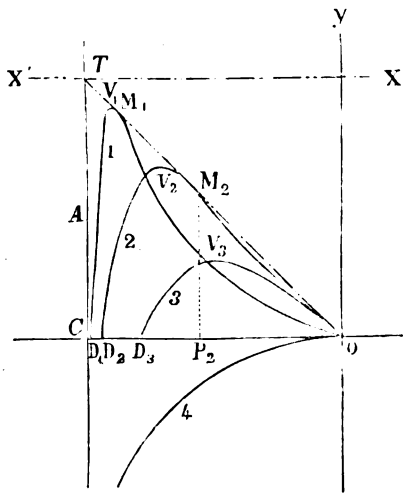


Fig. 2.ª

Se z, ossia r, è infinitamente piccolo, la curva k' per i valori di x compresi tra $x = 0$ e x vicinissimo ad 1 corre lungo l'asse $O\,C$ (fig. 2.ª). Al limite $x = 1$ il valore dell'ordinata k' si presenta sotto la forma indeterminata $\frac{0}{0}$, ed ha per valor vero A come si può verificare facilmente tenendo conto della relazione [5]. Per z infinitamente piccolo la curva si riduce dunque ai due segmenti $O\,C$, $C\,T$.

Se z è piccolo ma non infinitesimo, la curva ha l'andamento $O\,M_1\ V_1\ D_1$, cioè presenta prima la sua concavità verso la retta $O\,T$, tocca questa retta in un punto M^1 prossimo a T, giunge al suo valor massimo, V_1, si ripiega e scende verso l'asse $O\,C$: i punti M_1, V_1 sono vicinissimi. Come appare dall'equazione [2ª] il punto D_1 in cui la curva taglia l'asse $O\,C$ ha per ascissa

$$x = \sqrt{1 - z^2}.$$

Crescendo z la curva in vicinanza dell'origine O si eleva; il punto di contatto M colla $O\,T$ scende lungo questa retta (non però con moto uniforme se z cresce uniformemente, poichè l'ascissa x del punto di contatto e la resistenza z sono legati dalla relazione [5]); il vertice V si abbassa, e il punto d'incontro D della curva coll'asse delle ascisse si avvicina ad O. Finchè il punto M non cade in O le curve nel tratto $O\,M$ presentano la concavità verso la retta $O\,T$ ed hanno la forma indicata dalle linee 1 e 2.

Quando il punto di contatto M cade in O è $x = 0$ e per la [5]

$$z = \sqrt{2} - 1 = 0{,}414$$

cioè

$$r = 0{,}414 \times 2\,\pi\,n\,L.$$

La curva che corrisponde a questo valore di r ha in vicinanza dell'origine la pendenza della retta $O\,T$ colla quale si confonde per un buon tratto.

Digitized by Google

Per valori di z superiori al limite 0,414 la velocità x ha valori immaginari, poichè dalla [5] si ricava

$$x = \sqrt{2 - (1 + z)^2}.$$

Ciò significa che le curve k' corrispondenti a questi valori di z cessano di avere per inviluppo la retta $O\,T$; e siccome questa è sempre il luogo geometrico delle ordinate massime corrispondenti ad una data ascissa, così le curve devono tutte sottostare alla $O\,T$. Esse anche in vicinanza dell' origine O, presentano la loro concavità verso la $O\,C$. Tale è la curva 3.

Quando z raggiunge il valore $z = 1$, corrispondente ad $r = 2\,\pi\,n\,L$ per qualunque valore di x compreso fra 0 e 1, k' è negativo: la curva è tutta intiera sotto l'asse $O\,C$, ed è tangente a questo nel punto O, perchè l'equazione [2'] è soddisfatta per $z = 1$ ed $x = 0$. La curva ha l'andamento indicato dalla linea 4.

Si può ora risolvere il seguente problema:

Dato il valore massimo A *del momento della coppia motrice di un motore asincrono monofase ed il valore* R *della coppia del momento resistente all'avviamento, determinare il valore più conveniente della resistenza complessiva* r *dell' armatura e del reostato posto in serie con questa.*

La resistenza r più conveniente è quella colla quale è minima la velocità che si deve imprimere all' indotto perchè il momento k' della coppia motrice raggiunga il valore del momento della coppia resistente. Il valore minimo di questa velocità è (fig. 3.ª) l'ascissa $O\,P$ del punto M a d'intersezione di $O\,T$ colla $R'\,R'$ condotta parallelamente ad $O\,C$ alla distanza R e vale

$$x = \frac{m}{n} = \frac{R}{A}$$

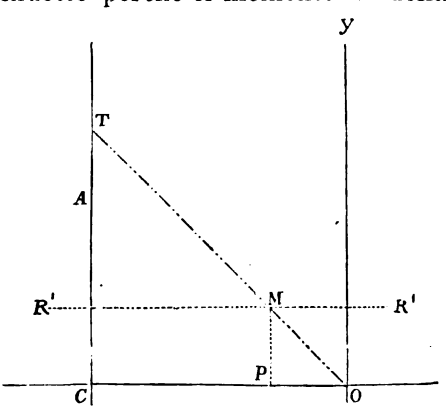


Fig. 3.ª

La resistenza ohmica r corrispondente si avrà dall' equazione [5] cioè dalla

$$z = \frac{r}{2\,\pi\,n\,L} = \sqrt{2 - x^2} - 1 = \sqrt{2 - \frac{R^2}{A^2}} - 1$$

da cui

$$r = \left(\sqrt{2 - \frac{R^2}{A^2}} - 1\right) \times 2\,\pi\,n\,L$$

Digitized by Google

e se R è piccolo in confronto di A, cioè se il rapporto $\frac{R}{A}$ non è maggiore di 0,4 si ha con approssimazione sufficiente:

$$r = \left(0{,}414 - 0{,}35\,\frac{R^2}{A^2}\right) \times 2\,\pi\,n\,L.$$

Portata la resistenza a questo valore mediante resistenze introdotte in serie, si imprima all'armatura una velocità crescente sino a oltrepassare il limite $O\,P = m = n\,\frac{R}{A}$. Siccome in pratica i valori di $\frac{R}{A}$ sono minori di 0,50, e per tali valori, come risulta dalla tabella precedentemente riportata, l'ordinata massima k_r' della curva supera notevolmente l'ordinata del punto di contatto, così il motore, appena portato a velocità superiore ad $O\,P$ accelererà il suo movimento sino a portarsi nelle condizioni rappresentate dal punto del ramo discendente della curva, nel quale questa incontra la $R'\,R'$.

Se si fa allora diminuire gradatamente la resistenza col sopprimere le resistenze aggiunte, la curva del momento della coppia motrice si modificherà successivamente fino a ridursi alla curva normale del motore asincrono monofase in funzionamento.

Le condizioni per l'avviamento sono molto facilitate quando il momento R della coppia resistente è minimo, ossia il motore si avvia a vuoto. Basta in questo caso dare all'armatura un piccolo impulso a mano o con qualche speciale artifizio. La resistenza più conveniente è allora

$$z = 0{,}414$$

ossia

$$r = 0{,}414 \times 2\,\pi\,n\,L.$$

E questo il caso considerato dal prof. Arnò.

Dando ad $\frac{R}{A}$ i valori

0,1 0,2 0,3 0,4

si ottengono rispettivamente per z i valori

0,41 0,40 0,38 0,36;

quindi nei casi pratici di avviamento si potrà, in cifra tonda e per tutti i casi, tenere

$$r = 0{,}4 \times 2\,\pi\,n\,L.$$

Digitized by Google

SUL

FUNZIONAMENTO TECNICO ED ECONOMICO DELLA LAMPADA ELETTRICA AD INCANDESCENZA

Nota dell'Ing. S. A. RUMI

(Lettura fatta nella Sezione di Genova, 29 dic. 1897.)

La lampada ad incandescenza, che Edison nel 1880 consegnava all'industria quale risoluzione del problema della " illuminazione elettrica „ atta come è alla suddivisione della luce ed alla collocazione che più aggrada, e di tale luminosità che può essere a seconda delle circostanze dolce o viva senza avere mai la crudezza dell'arco elettrico, non può negarsi che abbia fatto in breve giro d'anni immenso cammino. Essa ha conquistato non solo la estesa officina, ma ancora il modesto laboratorio; è penetrata negli uffici, nei magazzini, nei pubblici stabilimenti, nel tempio e nelle nostre stesse case fino ai locali più appartati. Dappertutto, poi, potendo adattarsi a qualunque combinazione, ha permesso lo svolgersi d'una estetica speciale, prestandosi a graziosi e nuovi motivi di decorazione, cosicchè nei ritrovi pubblici e nelle pubbliche illuminazioni contribuisce non solo ad illuminare, ma puranco ad ornare.

E di pari passo alle applicazioni, via via crescenti, ed in dipendenza di queste, procedette il miglioramento delle lampade tanto nella struttura loro, quanto nei metodi di fabbricazione.

Senonchè, oggi ancora tali lampade, ben conosciute dallo studioso e dall'industriale, non sono del pari conosciute dal consumatore. E prova ne è la delusione che sorprende gli utenti quando, abbarbagliata la vista per lo splendore della nuova illuminazione a lampade ad incandescenza nei primi tempi dell'impianto, vedendo ben presto declinare la luce delle lampade, protestano presso il fornitore dell'energia come se questi fornisse elettricità di *qualità scadente*, mentre constatano che l'energia consumata meglio che diminuire è piuttosto in aumento.

Dello sconforto che assale per questo i consumatori — che poco mancò fosse letale per l'industria " illuminazione elettrica „ quando Auer mise in commercio la sua lampada ad incandescenza per il gaz, colla quale, se non altro, l'utente era ben accertato, tanto intorno al

Digitized by Google

consumo quanto intorno alla costanza della luce — non ultima causa è la speculazione, per la quale diverse case abbandonando i precetti della scienza e forti solamente della ignoranza del grosso pubblico, non svelano al medesimo per intero i segreti tutti dei loro prodotti, curando invece di mettere in evidenza solamente le parti per loro vantaggiose. Ed a conforto di questa tesi basta ricordare la promessa per parte di alcuni di un minore consumo in watt per candela in alcune lampade dette " a piccolo consumo „ tralasciando di far conoscere: che il piccolo consumo corrisponde all' inizio della accensione della lampada, e che in seguito va man mano crescendo; che la luminosità della lampada decresce rapidamente fino a ridursi al 50 % ed anche meno della contrattuale, o come dicesi anche, di quella corrispondente alla *taratura*, e che infine per la natura stessa della lampada la sua vita è effimera.

Basta accennare al fatto che una lampada tarata a 16 candele e col consumo iniziale di 1,5 watt per candela, nel periodo di 10 ore (una notte) aveva diminuito il rendimento in luce fino a 10 candele elevando il consumo a watt 2,36 per candela. [1]

È vero a più riprese fu pubblicato che convengono meglio lampade il cui consumo tocchi i 3 od i 3,5 watt per candela, ma dinanzi alla affermazione ed alla dimostrazione (specialmente nei primi tempi della illuminazione elettrica per incandescenza) che la stessa luce si può ottenere col consumo di 1,5 o tutto al più di 2 watt per candela, è naturale che il pubblico abbocchi, e nella persuasione del suo tornaconto scelga quest'ultimo tipo.

Invece è bene che il consumatore si persuada che nello scegliere la lampada bisogna tenere ben presente che è al rendimento medio relativo ed alla durata totale della lampada stessa che devesi dar peso, e non al solo rendimento iniziale, il quale potrebbe essere molto elevato senza che sia elevato il rendimento medio; e che le indicazioni date da un fabbricante a proposito del consumo di una lampada non hanno nulla di assoluto. Ed a questa avvertenza si deve aggiungere ancora quella che la durata ed il rendimento sono per la scelta coefficienti indivisibili dal prezzo della lampada e da quello della corrente.

Qui però, prima di fare alcune considerazioni sugli elementi sopra accennati, importa fissare bene alcune notizie intorno alle lampade ad incandescenza, onde bene si sappia quali apparecchi esse siano, non potendosi sotto alcuni rapporti confrontarsi la lampada ad incan-

---

[1] V. L'*Electricien* del 5 agosto 1893.

Digitized by Google

descenza con lampade d'altra natura, nelle quali è ben accertato, salvo accidenti, che la luce da esse fornita è funzione diretta della quantità e qualità del combustibile che si usa.

*
* *

Nelle lampade ad incandescenza è da tutti risaputo, che la luce è prodotta dal riscaldamento fino alla incandescenza di un filo di carbone esilissimo in un ambiente quasi vuoto d'aria, e che questo riscaldamento è determinato dalla resistenza che la corrente elettrica incontra nell'attraversare questo filo di carbone. È l'energia elettrica che qui appare sotto forma di luce, non senza pagare un tributo non indifferente al puro riscaldamento, poichè appena un decimo circa dell'energia totale assorbita si trasforma in radiazioni luminose, trasformandosi gli altri nove decimi in radiazioni oscure.

L'intensità luminosa, di cui si fa sorgente il filo di carbone, dipende dalla temperatura di questo e aumentando questa si aumenta il rendimento della lampada, o meglio la quantità di luce che corrisponde ad una determinata spesa di energia.

Nei tentativi molteplici per il perfezionamento delle lampade elettriche, è la realizzazione dello aumento di quest'ultimo elemento che si è sempre cercato. Si procurò per raggiungere lo scopo di coprire il filamento di un conveniente deposito di carbone dopo che fu provato che i filamenti in cui la superficie è nera ed opaca hanno un rendimento maggiore che non quelli a superficie brillante; e ciò si ottenne col tenere ad una temperatura elevata in un vapore d'idrocarburo a temperatura superiore al suo punto di ebollizione, i fili da correggere. [1]

Sta adunque che per rendere luminoso il filamento della lampada ad incandescenza devesi ad esso fornire una certa quantità d'energia elettrica, che giusta la legge di Joule è per ogni unità di tempo espressa dalla relazione:

$$W = i^2 r;$$

mentre la quantità di calore da fornirsi per mantenerlo alla temperatura T, si può esprimere con la relazione:

$$Q = m\,T,$$

[1] Il Weber in base a sue speciali ricerche afferma che la temperatura normale del filamento è compresa fra i 1400 ed i 1659 gradi della scala centigrada assoluta, e che l'aumento di $^1/_2$ p. c. di energia fornita ad una lampada produce l'aumento di 1 grado di temperatura.

Digitized by Google

in cui m è coefficiente variabile colla sostanza che costituisce il filamento.

Inoltre è da aggiungersi che le radiazioni emesse dal filo, reso luminoso, sono legate, secondo Stephan, alla temperatura per la relazione:

$$L = s\,h.\,T^4$$

in cui s è la superficie del filamento,
h „ il suo potere emissivo,
T „ la temperatura assoluta,
L „ la somma totale delle radiazioni.

Per il che, mentre possiamo dedurre che scema l'energia da consumarsi per produrre una determinata somma di radiazioni se si aumenta la temperatura, d'altro lato, sapendosi che il rapporto tra l'energia delle radiazioni luminose e quella delle radiazioni totali cresce rapidamente anch'esso colla temperatura, è da conchiudersi che il segreto per il miglioramento della lampada è nell'aumento della temperatura. Questo è in dipendenza della resistenza del filo, onde i tentativi pratici di ridurre la sezione del carbone (riducendo di un poco pure la lunghezza per permettergli maggiore rigidità). Ma è bene qui notare che non è concessa " ad libitum „ questa riduzione per la considerazione che la durata della lampada dipende in grande parte dalla fragilità del filo, e che la stessa esagerata temperatura del filo è causa del suo deterioramento. Funzione di questo eccessivo riscaldamento è lo staccarsi per volatilizzazione delle particelle di carbone, il che mentre rende più esile il filo stesso, annerisce la lampada. Ne consegue quindi che l'aumento di resistenza così determinato, nelle lampade funzionanti ad una differenza costante di potenziale ai morsetti provoca una diminuzione di intensità della corrente in dipendenza della legge di Ohm $V = i \times r$, e con essa un abbassamento di temperatura, e quindi della energia luminosa prodotta, che, come si è visto, varia colla 4.ª potenza della temperatura medesima.

Si aggiunga ancora che la resistenza specifica del filamento di carbone diminuisce col crescere della temperatura; quindi se la temperatura decresce coll'assottigliarsi del filo, scemando di conseguenza la quantità di energia a cui dà passaggio, si aggiunge un nuovo aumento di resistenza, determinando una diminuzione, meglio accentuata, della energia assorbita dal filamento.

Tutti questi fatti spiegano la diminuzione graduale della temperatura e del rendimento della lampada.

Digitized by Google

La luminosità della stessa lampada, si può però aumentare oltre il limite di " taratura „, e questo si ottiene aumentando l'energia fornita, ma in pratica è molto pericoloso allontanarsi al proposito dalle indicazioni del fabbricante. Infatti, se scema, per le ragioni suesposte, l'intensità della corrente, l'energia fornita al filamento non può mantenersi costante, e tanto meno elevarsi, se non coll'aumento della differenza di potenziale ai morsetti. Ora è bene ricordare che J. A. Fleming afferma che praticamente, mentre può ritenersi sia lo splendore del filamento proporzionale alla 6.ª potenza della differenza di potenziale ai morsetti, la durata della lampada si riduce nella ragione della 25.ª potenza della stessa differenza. [1] Quindi se richiamiamo la nozione del " coefficiente di economia „ d'una lampada, che non è altro se non il rapporto della energia W da essa assorbita alla potenza sua luminosa L in numero di candele, ovvero il consumo per candela, ed espresso per

$$\mu = \frac{W}{L}$$

se ad L si sostituisce il valore $A \times V^6$, in cui V è la differenza di potenziale ai morsetti, ed A un coefficiente di proporzionalità che si determina sperimentalmente, si ha

$$\mu = \frac{W}{A\,V^6}$$

Il che indica che μ scema con l'aumento di V.

A conferma dell'affermazione che decresce rapidamente la vita della lampada con l'aumentare del suo voltaggio, basta ricordare che in una lampada di 16 candele, e per la quale si misurava la intensità ogni 100 ore di esercizio e ciò per un periodo di 800 ore, mantenendo costante la differenza di potenziale ai morsetti, si è constatato che alla fine del periodo la luminosità non era più che il 47 % della iniziale, elevandosi il consumo per candela da 3, 2 watt a 4; mentre

---

[1] Quanto alla proporzionalità del potere illuminante alla 6.ª potenza di V., l'affermazione di Fleming è avvalorata dai risultati del Weber, il quale esprime il potere illuminante d'un filamento per il valore $\frac{6,\,8 + 10^{-15}\,W^3}{K\,S^2}$ (media sferica espressa in candele inglesi), in cui K è la costante della lampada, S la superficie del filamento in cm.², W l'energia elettrica assorbita dal filamento. Siccome $W = C\,V^2$, quando si suppone costante la resistenza del filamento, ne consegue che l'accennato potere illuminante può essere rappresentato dalla espressione $A \times V^6$.

Digitized by Google

per altra lampada gemella, aumentando progressivamente la differenza di potenziale ai morsetti da 105 a 114 volt, onde mantenere costante il numero delle candele fornite, la vita si ridusse a 95 ore con una variazione nel consumo di energia elettrica per ogni candela di poco differente della precedente. Il rendimento totale in candele fu quindi nella relazione di 6 per la prima lampada ad 1 per la seconda.

In conseguenza di quanto sopra, rimane accertato quanto sia delicato il regime d'una lampada.

Infatti, mentre per le conclusioni del Fleming un aumento piccolissimo di voltaggio sull'indicato abbrevia straordinariamente la vita della lampada, per le stesse conclusioni il voltaggio scemato riduce di molto il rendimento in candele. Osservazioni in proposito hanno provato che una perdita di voltaggio del 3 % su di quello indicato per una speciale lampada può tradursi in un indebolimento del 27 % circa della intensità luminosa.

***

Le considerazioni sopra esposte valgono in qualche modo a spiegare l'andamento della lampada elettrica ad incandescenza, per la quale le sorprese a cui va incontro l'utente non sono di piccolo valore. Altre considerazioni però non lo sono da meno, poichè fin qui non si è considerato che l'andamento della lampada circoscritta entro leggi che non vogliono essere rigorose ma semplicemente approssimate, specie se si osserva che l'uso delle formule stesse che legano la potenza luminosa con il consumo non può rigorosamente farsi per la stessa lampada, variando la relazione in modo continuo ed arbitrario durante la vita di essa.

Una circostanza resta però ancora da chiarire per la compiuta intelligenza del regime della lampada da parte del consumatore. Fin qui si è attribuita la diminuzione della luminosità alle variate condizioni del filamento coll'esercizio in dipendenza oltrechè della energia fornita per raggiungere una voluta temperatura, anche della pressione ai morsetti, e, non ultimo forse, anche delle modificazioni molecolari nel filamento provenienti dalle successive estinzioni e riaccendimenti. Queste non sono le sole cause delle menzionate diminuzioni; di passaggio si è pure accennato all'annerimento della lampada; ad esso, secondo Nichols, sarebbe per $\frac{1}{3}$ dovuto l'indebolimento di potere illuminante.

La causa di questo annerimento il prof. Thomas della Università dello Stato dell'Ohio in America la trova nelle traccie di va-

Digitized by Google

pore di mercurio che per avventura possono rimanere nella lampada, stantechè si estrae da esse l'aria appunto con delle pompe a mercurio.

Il Bainville in Francia, che delle lampade elettriche ad incandescenza si è molto occupato [1] non è di questo parere, ritenendo che altra causa più semplice può determinare questo deposito. Egli ritiene che l'atmosfera della lampada contiene ossigeno proveniente dall'aria imperfettamente estratta, e del vapore di acqua fortemente aderente al vetro. L'ossigeno in contatto del carbone rovente si appropria del carbonio formando dell'ossido di carbonio, che dissociandosi poi in contatto delle pareti relativamente fredde del vetro vi deposita del carbone; l'ossigeno rimesso in libertà ripete lo stesso modo di funzionare. La grandezza dell'effetto dipenderebbe dal grado di rarefazione raggiunto nella lampada e dalla temperatura del vetro, minore nei primi momenti della accensione. Anzi lo stesso Bainville aggiunge che quanto meno è perfetto il vuoto meglio succederà l'annerimento e con maggiore rapidità dapprincipio quando le pareti non avranno ancora un conveniente strato di carbonio che aumenti il loro potere assorbente. [2]

Stuart-Smith non esclude questa spiegazione, ritiene l'annerimento specialmente favorito dalla evaporazione, relativamente grande, prodotta nel vuoto dal carbone ad alta temperatura, specialmente quando la lampada è nuova grazie alla migliore azione condensante del vetro pulito, ed al fatto che dalla superficie, dapprincipio, alcune porzioni del filamento sono più facilmente volatizzabili che non altre.

E degno di nota però ricordare che la spiegazione del Thomas non è priva di fondamento, perchè la osservazione pratica sembra avvalorarla. Alcune esperienze su di una serie di lampade, le une vuotate con pompe a mercurio, hanno assodato che era maggiore l'annerimento sulle prime che non sulle seconde, dopo un uguale periodo di esercizio.

Comunque sia il fatto, questo dell'annerimento del bulbo è uno dei non minori difetti della lampada ad incandescenza, che, se è comune per tutte le lampade in cui la sorgente luminosa è pro-

---

[1] V. L'*Électricien* — 2.° semestre 1894.

[2] Il Fontaine osserva a proposito della rarefazione nelle lampade ad incandescenza che " un vuoto spinto oltre i limiti economicamente ed industrialmente praticati di $^1/_{100}$ circa di mm. di mercurio a freddo è nocivo, accelerando esso l'annerimento della lampada per disaggregazione più facile del carbone „.

Digitized by Google

tetta da vetro, non lascia in queste un modo di pulitura come nelle altre. [1]

Da quanto fu fin qui esposto si può trarre la conseguenza che la scelta della lampada elettrica ad incandescenza, oltrechè sotto il rapporto del costo dell'energia e del costo della lampada stessa, compreso quel qualunque valore che si voglia dare al disturbo per il ricambio, deve essere fatta anche in ordine alla sua durata ed alle variazioni dalla sua luminosità. La costanza della attività luminosa della stessa lampada è un pio desiderio. Le lampade che sono in commercio, comunque esse sieno, non possono per verun conto fornire costantemente la stessa luce: che se tale risultato si tentasse con variazioni convenienti ai morsetti, si è visto di quanto se ne abbrevia la vita, di tanto cioè da non doversi manco tentare se economicamente o no convenga tal genere di illuminazione.

La lampada migliore quindi non potrà essere che quella in cui la depressione della luce è tenuta entro limiti il meglio ristretti e non sia rapidamente avvertita, specialmente quando, in un impianto a diverse lampade che si ricambiano saltuariamente, il decrescere della luce in una può in parte essere compensato dalla maggior luce di altre vicine più giovani.

E qui ad onor del vero è da rilevarsi che oggi nella costruzione delle lampade, si è molto migliorato sotto questo rapporto, in confronto dei primi tempi in cui si misero in commercio; chè oggi si costruirono lampade in cui la depressione luminosa sulla iniziale è relativamente piccola.

Una nozione esatta del modo di variazione della luminosità d'una lampada in corrispondenza della durata si può desumere dagli specchi che qui si riproducono, corrispondenti a risultati in tempi diversi e da diversi sperimentatori ottenuti su lampade di diversa provenienza. Il confronto poi dei risultati ottenuti avvalora la osservazione testè fatta, che cioè si va sempre migliorando nella fabbricazione delle lampade.

***

Risultati di esperienze fatte dalla casa Siemens et Halske di Berlino su lampade tanto di fabbricazione propria quanto di provenienze dall'estero. (Dal numero del 5 agosto 1893 dell'*Electricien.*)

---

[1] Nel caso in cui le lampade abbandonate, perchè non più atte all'esercizio, vengano sottoposte al ricambio del filamento, il vetro vien ripulito agitando la lampada, a bulbo aperto, dentro un fornello a gaz.

Digitized by Google

I. Lampada tarata al consumo di 1.5 watt per candela.

Periodo di esercizio in ore	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media di watt per candela in ogni periodo	Media di watt per lampada in ogni periodo
0	16		1, 50		
		13, 1		1, 93	25, 28
10	10, 2		2, 36		
		9, 0		2, 59	23, 31
20	7, 8		2, 81		
		6, 75		3, 18	21, 46
30	5, 7		3, 56		
		5, 60		3, 63	20, 32
40	5, 5		3, 70		
		5, 55		3, 67	20, 36
45	5, 6		3, 65		

II. Lampade tarate al consumo di 2 watt per candela.

Periodo di esercizio in ore	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media di watt per candela	Media di watt per lampada
0	16		2		
		14, 75		2, 19	32, 30
20	13, 50		2, 38		
		12, 80		2, 53	32, 38
40	12, 1		2, 67		
		11, 66		2, 69	31, 36
60	11, 2		2, 72		
		10, 45		2, 89	31, 10
80	9, 7		3, 06		
		8, 75		3, 32	29, 05
100	7, 8		3, 58		
		7, 15		3, 94	28, 17
120	6, 5		4, 31		
		6, 45		4, 33	27, 92
140	6, 4		4, 36		
		6, 05		4, 58	27, 70
160	5, 7		4, 80		
		5, 50		5, 00	27, 50
180	5, 3		5, 20		
		5, 25		5, 22	28, 40
200	5, 2		5, 24		

Digitized by Google

III. Lampade tarate al consumo di 2 $\frac{1}{2}$ watt per candela.

Periodo di esercizio in ore	Luminosità in candele	Media luminosa in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media di watt per candela	Media di watt per lampada
0	16		2,51		
		15,85		2,52	39,94
40	15,7		2,54		
		15,25		2,61	39,80
80	14,8		2,67		
		13,00		3,06	39,68
120	11,2		3,45		
		10,40		3,68	38,27
160	9,6		3,91		
		9,35		4,02	37,58
200	9,1		4,13		
		8,70		4,29	37,32
240	8,3		4,46		
		7,95		4,66	37,04
280	7,6		4,86		
		7,35		5,00	36,75
320	7,1		5,13		
		6,90		5,23	36,08
360	6,7		5,34		
		6,70		5,37	35,97
400	6,7		5,41		
		6,70		5,41	36,24
440	6,7		5,41		
		6,65		5,44	36,64
450	6,7		5,47		

IV. Lampade tarate al consumo di 3 watt per candela.

Periodo di esercizio in ore	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media di watt per candela	Media di watt per lampada
0	16,0		3,00		
		16,00		3,00	48,00
100	16,0		3,00		
		15,80		3,05	48,19
200	15,6		3,10		
		14,40		3,33	47,95
300	13,2		3,56		
		12,7		3,67	46,60
400	12,2		3,79		
		11,8		3,92	46,25
500	11,4		4,05		
		10,9		4,20	45,78
600	10,4		4,36		
		10,1		4,48	45,24
700	9,8		4,60		
		9,5		4,65	44,17
800	9,2		4,70		
		9,1		4,82	43,86
900	9,0		4,94		
		8,7		5,10	44,37
1000	8,4		5,27		

Digitized by Google

V. Lampade tarate al consumo di 3 watt per candela.

Periodo di esercizio in ore	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media di watt per candela	Media di watt per lampada
0	16		3, 50		
		16		3, 50	56, 00
100	16		3, 50		
		16		3, 50	56, 00
200	16		3, 50		
		15, 70		3, 56	55, 89
300	15, 4		3, 62		
		15, 65		3, 67	57, 43
400	14, 9		3, 73		
		14, 70		3, 77	55, 41
500	14, 5		3, 82		
		14, 10		3, 92	55, 27
600	13, 7		4, 02		
		13, 55		4, 05	54, 86
700	13, 4		4, 09		
		13, 35		4, 10	54, 73
800	13, 3		4, 11		
		13, 20		4, 14	54, 64
900	13, 1		4, 16		
		12, 80		4, 24	54, 27
1000	12, 5		4, 32		

Nell' *Électricien* queste tabelle sono accompagnate dalla osservazione: " risulta chiaramente che la utilità pratica delle lampade a debole consumo è limitatissima contrariamente ad una opinione molto sparsa, e che sono raccomandabili in generale le lampade che assorbono da 3 a 3,5 watt per candela. „

Ad avvalorare questa opinione varranno alcune considerazioni che saranno fatte in seguito e colle quali queste tabelle verranno discusse. Intanto non è fuori proposito rilevare subito che mentre le lampade corrispondenti a quelle provate venivano consegnate all'utente colla promessa fallace di un determinato consumo per candela, questo non era, potendosi fin d'ora stendere la seguente tabella di confronto, deducendola dalle sopra riportate:

Durata dell' esercizio	Totale candele ora prodotte	Totale watt ora consumati	Taratura della lampada in watt per candela	Consumo reale in watt per candela	Differenza fra la taratura ed il consumo
45	272	1004	1, 5	2, 70	+ 1, 20
200	1776	5916	2, 0	3, 33	+ 1, 33
450	4393	16853	2, 5	3, 83	+ 1, 33
1000	11900	46041	3, 0	3, 87	+ 0, 87
1000	14490	55450	3, 5	3, 82	+ 0, 31

Digitized by Google

Il che addimostra che col crescere dell'energia alla quale corrisponde la taratura della candela nella lampada, il consumo nominale meglio si avvicina al consumo reale; ed anzi, che il consumo reale per candela realmente fornita è prossimamente lo stesso per le lampade a 2,5 a 3, a 3,5 watt.

***

Risultati d'osservazioni sulle lampade sistema Packard, eseguite dal prof. Thomas della Università dello Stato dell' Ohio in America. [1]

Le osservazioni furono fatte su due lotti, di 50 lampade ciascuno segnate 16 candele, e contemporaneamente su 25 di ciascun lotto. I risultati che qui si riproducono corrispondono alla media di ogni osservazione sulle lampade accese per ogni lotto.

1.° LOTTO.

Periodo di esercizio	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media di watt per candela	Media consumo in watt per lampada
0	15, 54		3, 93		
		16, 56		3, 76	62, 26
96	17, 58		3, 59		
		17, 71		3, 53	62, 51
144	17, 84		3, 57		
		17, 83		3, 57	63, 65
192	17, 82		3, 57		
		17, 67		3, 60	63, 61
252	17, 53		3, 63		
		17, 41		3, 69	64, 24
312	17, 30		3, 66		
		17, 17		3, 68	63, 18
360	17, 04		3, 70		
		17, 06		3, 70	63, 12
408	17, 08		3, 70		
		16, 88		3, 74	63, 13
480	16, 68		3, 78		
		16, 69		3, 75	62, 58
628	16, 70		3, 76		
		16, 52		3, 79	62, 61
600	16, 35		3, 83		
		16, 21		3, 87	62, 73
648	16, 07		3, 90		
		15, 95		3, 92	62, 52
696	15, 83		3, 95		
		15, 32		4, 06	62, 19
768	14, 81		4, 17		
		14, 65		4, 21	61, 67
812	14, 50		4, 24		

[1] Dalla *Revue Industrielle* del 2 novembre 1895.

Digitized by Google

2.° LOTTO.

Periodo di esercizio	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media in watt per candela	Media consumo in watt per lampada
0	14, 77		3, 36		
		14, 91		3, 34	49, 80
96	15, 06		3, 32		
		15, 10		3, 32	50, 12
144	15, 13		3, 32		
		15, 07		3, 31	49, 88
192	15, 01		3, 30		
		14, 97		3, 32	49, 70
252	14, 93		3, 35		
		14, 89		3, 35	49, 88
312	14, 85		3, 35		
		14, 83		3, 36	49, 82
360	14, 82		3, 36		
		14, 74		3, 37	49, 67
408	14, 67		3, 39		
		14, 66		3, 39	49, 69
480	14, 65		3, 39		
		14, 68		3, 38	49, 61
528	14, 70		3, 36		
		14, 60		3, 33	48, 61
600	14, 50		3, 30		
		14, 33		3, 38	48, 43
648	14, 16		3, 46		
		14, 01		3, 50	49, 03
696	13, 87		3, 53		
		13, 58		3, 59	48, 75
768	13, 29		3, 65		
		13, 13		3, 68	48, 31
812	12, 97		3, 72		

Rilevando il consumo medio per candela dedotto dalle due serie d'osservazioni, si avrebbe che corrisponde a 3,75 watt per il primo lotto e 3,40 watt per il secondo, ed in media 3,60 circa. È da notarsi che le letture cessarono dopo un periodo di 812 ore, che se fossero continuate fino a 1000 ore questo valore sarebbe forse salito a 3,80. Comunque però, la differenza che qui si riscontra tra il consumo iniziale per candela ed il consumo medio non sarebbe mai stata così elevata, come lo si è visto nei casi precedenti nelle lampade tarate a basso tasso di consumo. Inoltre qui noi siamo di fronte ad una variazione di luminosità, durante l'esercizio di 812 ore ancora poco sensibile come risulta manifesto dai diagrammi della fig. 2, specialmente se confrontati coi diagrammi corrispondenti alle lampade tarate a 2 ed 2 $^1/_2$ watt per candela che sono nella fig. 1.

S'intende che i confronti non possono essere assoluti, perchè, come si è accennato, le esperienze rispondono a lampade diverse, e,

Digitized by Google

quello che più monta, di fabbricazione corrispondente ad epoche ben tra di loro distanti.

***

Risultati d'osservazione sulle lampade della Allgemeine Elektricitäts Gesellschäft di Berlino sulle lampade di propria fabbricazione. (I risultati sono dell'agosto dell'anno corrente.)

Lampade tarate al consumo di 2,6 watt per candela.

Periodo d'esercizio	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media consumo in watt per candela	Media consumo per lampada
0	16		2, 6		
		15, 8		2, 65	41, 87
100	15, 6		2, 7		
		14, 6		2, 85	41, 61
200	13, 6		3		
		13, 05		3, 15	41, 10
300	12, 5		3, 3		
		12		3, 40	40, 80
400	11, 5		3, 5		
		11		3, 60	39, 60
500	10, 5		3, 7		

Lampade tarate al consumo di 3,1 watt per candela.

Periodo d'esercizio	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media consumo in watt per candela	Media consumo per lampada
0	16, 0		3, 10		
		16, 40		3, 05	50, 02
100	16, 8		3, 00		
		16, 65		3, 05	50, 78
200	16, 5		3, 10		
		16, 15		3, 10	50, 06
300	15, 8		3, 20		
		15, 40		3, 25	50, 05
400	15, 0		3, 30		
		14, 70		3, 35	49, 24
500	14, 4		3, 40		
		14, 10		3, 45	48, 64
600	13, 8		3, 50		
		13, 50		3, 57	48, 19
700	13, 2		3, 65		
		12, 85		3, 72	47, 80
800	12, 5		3, 80		
		12, 25		3, 85	47, 16
900	12, 0		3, 90		

Digitized by Google

Lampade tarate al consumo di 3,6 watt per candela.

Periodo d'esercizio	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Media consumo per candela	Media consumo per lampada
0	16		3, 5		
		16, 25		3, 50	56, 87
100	16, 5		3, 5		
		16, 60		3, 50	58, 10
200	16, 7		3, 5		
		16, 55		3, 50	57, 92
300	16, 4		3, 5		
		16, 20		3, 55	57, 51
400	16		3, 6		
		15, 75		3, 65	57, 48
500	15, 5		3, 7		
		15, 2		3, 75	57, 00
600	14, 9		3, 8		
		14, 60		3, 80	56, 98
700	14, 3		3, 8		
		14, 15		3, 85	54, 47
800	14, 0		3, 9		
		13, 85		3, 95	54, 70
900	13, 7		4, 0		
		13, 60		4, 00	54, 40
1000	13, 5		4, 0		

Ancora qui comparando il consumo corrispondente alla taratura della lampada al consumo si ottiene:

Per lampade alla taratura di 2,6 watt; il consumo reale è 3,08 con una differenza + 0,48. Per lampade alla taratura di 3,1 watt il consumo reale è 3,34 con una differenza + 0,24. Per lampade alla taratura di 3,6 watt; il consumo reale è 3,70 con una differenza > 0,10.

E questo confronto riconferma che lo spostamento del consumo dal teorico al reale è sempre minore coll'innalzarsi del tasso di consumo della lampada.

Risultati delle osservazioni sulle lampade a 16 candele della Compagnie Générale des Lampes à Incandescence di Parigi (presentati dagli ingegneri Ceretti e Tanfani alla Esposizione della A. E. I. in Milano nell'ottobre 1897).

Digitized by Google

Periodo d'esercizio	Luminosità in candele	Media luminosità in ogni periodo	Consumo in watt per candela	Medio consumo in watt per candela	Medio consumo per lampada
0	16, 37		3, 37		
		17, 65		3, 27	57, 71
200	18, 96		3, 17		
		18, 48		3, 21	58, 32
400	18, 07		3, 25		
		17, 11		3, 44	58, 85
600	16, 15		3, 63		
		15, 86		3, 70	58, 68
800	15, 57		3, 77		
		14, 75		3, 98	58, 70
1000	13, 84		4, 18		

Dalla quale tavola emerge che il consumo medio è di watt 3,28, cioè minore del consumo per candela col quale la lampada incomincia a funzionare, che è di watt 3,37. Quanto però non deve sfuggire ad una prima disamina è la differenza ben accentuata tra il massimo ed il minimo di luminosità, che sul valore di 16 candele al quale le lampade vengono messe in commercio, raggiunge il 32 %.

Estendendo poi, in modo comprensivo, l'analisi ed i confronti delle tavole sopra riportate con la scorta dei diagrammi corrispondenti, è da rilevarsi che nel caso delle lampada della A. E. G. di Berlino per 1000 ore di servizio, mentre la lampada al tasso 2,6 per candela devesi ricambiare due volte con un minimo di luminosità che è il 65 % della primitiva e che si ripete nel periodo 2 volte, nel caso della lampada a 3,1 watt il ricambio per 1000 ore è solamente 1,11 volte con un minimo di luminosità ad ogni ricambio dell'85 % della primitiva, e la lampada al tasso di 3,6 watt non si ricambia che una volta sola per un minimo di luminosità che è l'84 % della primitiva.

Non priva d'interesse è l'analisi del diagramma che rappresenta il modo di variazione del reale consumo in watt per candela nel corso del periodo di vita della lampada.

Fermando l'attenzione sui diagrammi noi vediamo che il consumo è in aumento sempre con l'uso della lampada, ma quello che più importa l'aumento è sempre più sensibile nelle lampade a minor tasso di energia incominciando subito coi primi periodi della accensione. Esaminando ad esempio, questa variazione nelle lampade della A. E. G. (fig. 3) troviamo che questo consumo aumenta per il periodo di esercizio indicato, dal 2,6 al 3,7 e cioè del 42 % del consumo iniziale per le lampade tarate a 2,5 watt per candela; aumenta del 26 % per

Digitized by Google

quelle tarate al consumo di 3,1 watt ed infine aumenta solamente del 14 % per quelle tarate a 3,6 watt. Nelle lampade a cui corrisponde la fig. 4 l'aumento dal consumo iniziale al finale sarebbe del 24 %; s'innalza però questa variazione al 31 % se si raffronta il minimo consumo 3,17 dopo 200 ore d'esercizio, al finale consumo 4,8 dopo 1000 ore.

Se queste considerazioni si fossero fatte per il primo caso da noi considerato fig. 1, l'accennata sproporzione la si sarebbe trovata molto più manifesta: e confrontando ad es. le lampade provate nel 1892 e quelle della A. E. G. del 1897 al tasso del 3,5 % l'aumento del consumo, dall'iniziale al finale, era per le prime del 22 % mentre per le ultime solo del 15 %. Questo stesso confronto dimostra quanta strada siasi già compiuta nel perfezionarne la fabbricazione.

***

Fin qui non si è parlato che dei risultati d'esercizio di alcune lampade tra le quali si sono stabiliti dei confronti, e può ritenersi dopo tutto questo, che sono fallaci le promesse di coloro che raccomandano lampade al di sotto di un certo limite di consumo. Fallaci, perchè il consumo medio (sul quale appunto devesi basare l'economia della illuminazione) è sempre superiore di non poco al consumo indicato, dirò così, sulla marca di fabbrica; perchè la lampada a debole tasso di consumo è di cortissima vita, per la qual cosa la presunta minore spesa di consumo viene poi ad essere assorbita dal costo di ricambio della lampada, che, si tenga ben presente, non è sempre rappresentato solamente dal prezzo al quale la si paga al fabbricante in magazzino; ed infine perchè in tali lampade è rapidissimo il decrescere della luminosità.

Ogni qualvolta un utente deve scegliere il tipo della lampada per la illuminazione, dovrebbe richiedere dal fabbricante uno degli specchi sopra riportati, e solamente in base ad essi stabilire quale meglio gli convenga, poichè in ogni caso deve informare la sua scelta, oltrechè alla spesa, ancora in dipendenza degli altri elementi d'esercizio di cui si è prima trattato.

Nell'esercizio d'una lampada le spese si riassumono:

1.° Nel costo della energia W spesa nel filamento.

2.° Nelle spese di ricambio di una lampada usata.

Evidentemente vi sarà un valore determinato della durata della lampade che corrisponde ad un minimum della spesa totale. La quistione teorica è difficile però da trattarsi perchè gli elementi d'una

Digitized by Google

lampada sono legati tra di loro, come si ebbe occasione prima d'ora di riscontrare, con relazioni troppo complicate non solo, ma variabili colla vita della lampada; il che rende quasi impossibile il potere stabilire formule semplici e realmente pratiche.

Il calcolo, quindi, non potrà essere esauriente se non eseguito per ogni tipo di lampada; ed il calcolo può farsi per due vie differenti.

La prima è la più comune, ma in verità poco esatta, poichè per fissare il prezzo d'esercizio di una lampada, si tien conto della sua durata, del suo consumo iniziale, del costo di ricambio.

Detto w il numero di watt per lampada,
H la durata della lampada in ore,
p il costo del watt-ora,
q il costo della lampada,
il prezzo della lampada ora sarebbe

$$p \times w + \frac{q}{H}.$$

E sarebbe questo valore che dovrebbe essere minimo.

Applicando la formula ai singoli casi considerati, assegnando a p ed a q i valori medi ordinariamente in uso nella pratica, è naturale che il minimo si ottiene per le lampade tarate a piccolo tasso di consumo. Ma non vi ha chi non si accorga che il calcolo fatto in questo modo può definirsi tendenzioso. Qui dell'elemento lampada solo tiensi conto e non dell'elemento quantità di luce che essa fornisce, mentre è naturale che per ogni genere d'illuminazione, la spesa si deve riferire alla quantità totale d'energia luminosa che si è ottenuta.

E volendo procedere in ordine è da osservarsi innanzi tutto che, perchè le spese di esercizio delle diverse lampade si possano tra di loro confrontare, bisognerebbe fissare H in modo che le lampade dovessero essere tutte abbandonate quando sono ridotte ad uno stesso limite di luminosità, limite che industrialmente per le lampade a 16 candele, delle quali solo si è trattato, non dovrebbe essere al disotto del 75 % della iniziale.

In base a questo limite, le durate nei casi soprariportati sarebbero così ridotte:

Lampade sperimentate dalla Casa Siemens e Halske di Berlino nel 1863:

lampade tarate al consumo di 1,5 watt per candela; durata da 5 a 10 ore;

Digitized by Google

lampade tarate al consumo di 2 watt per candela; durata da 40 a 50 ore;
lampade tarate al consumo di 2,5 watt per candela; durata da 100 a 120 ore;
lampade tarate al consumo di 3 watt per candela; durata da 400 a 450 ore;
lampade tarate al consumo di 3,5 watt per candela; durata oltre 1000 ore.

Lampade sistema Packard; durata oltre 1000 ore.

Lampade della A. E. G.;

lampade tarate a 2,6 watt per candela; durata 350 ore;
lampade tarate a 3,1 watt per candela; durata 900 ore;
lampade tarate a 3,7 watt per candela; durata oltre 1000 ore.

Inoltre, condotte le lampade ad essere confrontabili per quanto riguarda la durata, per ciò che si riferisce al consumo è necessario fissare la spesa a cui ammonta realmente il costo della candela ora.

Allo scopo; detto A il numero totale delle *candele-ora* corrispondenti al periodo H fissato in base al suaccennato criterio;

B il numero totale dei *watt-ora* consumati nel periodo;

p e q costo rispettivamente del watt-ora di energia, e della lampada; la somma che dovrà rendersi minima, sarà rappresentata da:

$$\frac{B \times p + q}{A}$$

Applicando la formula stessa al caso delle lampade della A. E. G. di Berlino, delle quali si sono riportati i dati caratteristici, si ottiene:

Per le lampade a 2-6 watt;
per il periodo,

$$H = 350 \text{ ore};$$
$$A = 4857 \text{ (candele-ora)};$$
$$B = 12553 \text{ (watt-ora)};$$

conteggiando $p = 0{,}08$ (centesimi di lira) e $q = 75$ (centesimi di lira) il costo per candela-ora sarebbe centesimi 0,222 centesimi di lira;

Per le lampade tarate a 3,1 watt,

$$H = 900 \text{ ore}; \quad A = 13200; \quad B = 44194;$$

il costo per candela-ora sarebbe centesimi 0,273;

Per le lampade tarate a 3,6 watt,

Digitized by Google

H = 1360 ore (presunta vita fino alla riduzione della luminosità al 75 % della iniziale)

$$A = 19867 \qquad B = 75389$$

il costo per candela-ora sarebbe di centesimi di lira 0,302.

Questi risultati però debbono considerarsi come rispondenti a casi limiti, poichè realmente nelle illuminazioni importanti le lampade dovrebbero essere abbandonate quando son scemate di luminosità del 15 %; in tal caso per le lampade considerati i risultati sopra diverrebbero rispettivamente: 0,24; 0,26, 0,30.

Il consumatore adunque dovrebbe scegliere la sua lampada in base ai numeri ottenuti con il sovracitato procedimento; contemporaneamente però non deve dimenticare ancora che, se il numero minore nel nostro caso corrisponde alla lampada a minore tasso di consumo, questa ha però il più breve periodo di vita. Avuto quindi riguardo al fatto del maggior rischio che si incorre con frequenti ricambi per i danni accidentali che accompagnano il maneggio di un maggior numero di lampade, non è forse mal fatto concedere qualche cosa al prezzo della candela-ora, pur d'aver maggior sicurezza nella regolarità dell'esercizio.

Nel caso presente è forse la lampada a 3,1 watt quella che meglio soddisferebbe.

Conchiudendo può ritenersi che finora sieno le lampade al consumo di 3 watt per candela, ferme restando le condizioni ordinarie di voltaggio (circa 110 volt), quelle che meglio rispondono, oltrecchè al miglior regime, anche ad una bene intesa economia.

Digitized by Google

Fig. 1.ª Lampade esperimentate dalla Casa Siemens et Halske nel 1893

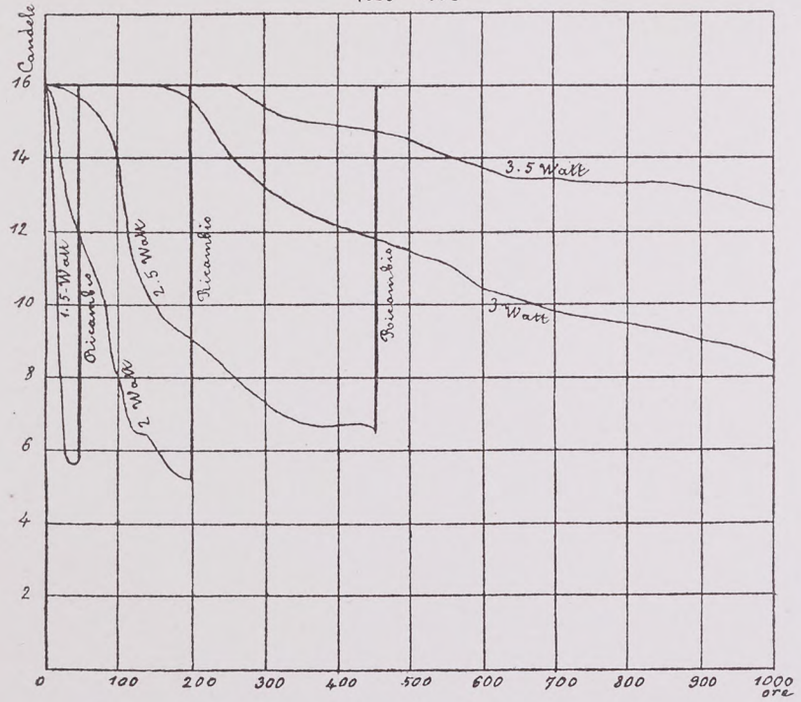


Fig. 1.ª b Consumo per candela

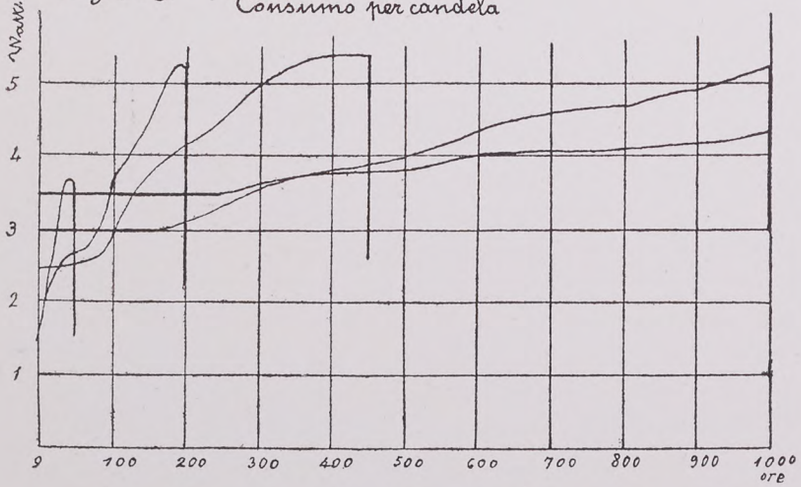


Diagramma della luminosità delle Lampade e del relativo consumo per candela

Fig 2.ª Lampade Sistema Packard da 16 Candele

Fig. 3.ª Lampade della A.E.G. di Berlino (1897)

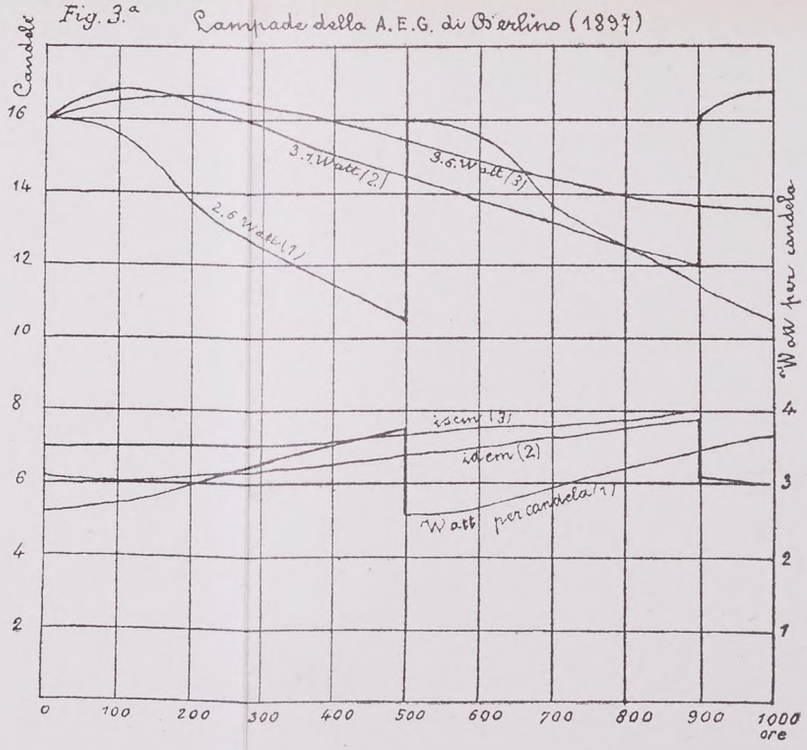
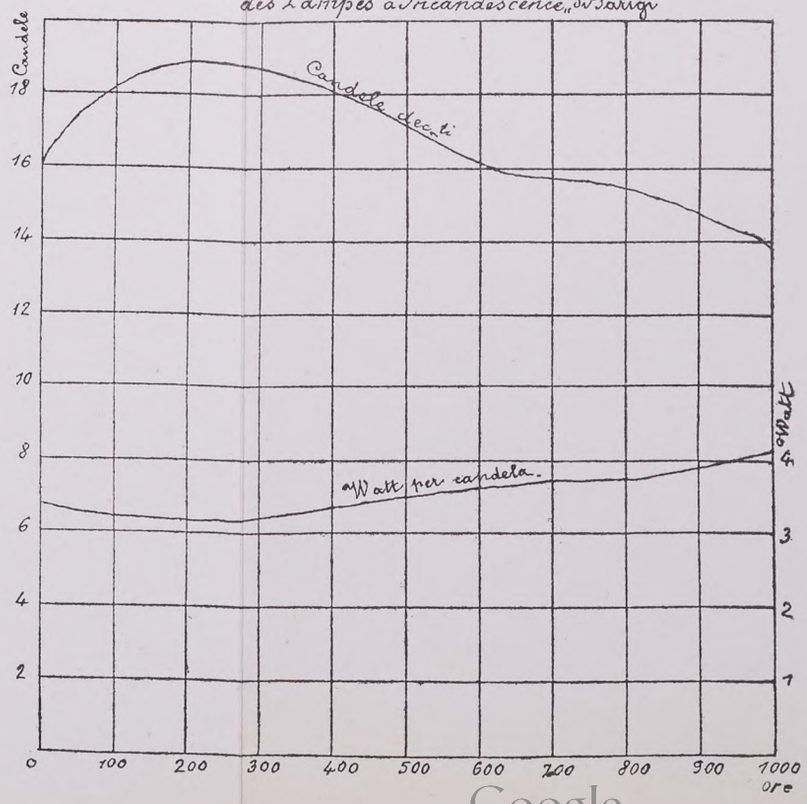


Fig 4.ª Lampade da 16 candele della „Compagnie Général des Lampes à Incandescence" di Parigi



Digitized by Google

Digitized by Google

LE TARIFFE

PER LA

VENDITA DELL' ENERGIA ELETTRICA.

Nota dell' Ing. ETTORE CONTI

(Lettura fatta nella Sezione di Milano il 12 Gennaio 1898.)

La scelta del tipo conveniente di tariffa per la vendita dell'energia elettrica generata nelle stazioni centrali è di capitale importanza, come quella che sull'esito dell'impresa, può esercitare un'influenza eguale, e forse maggiore, di quella esercitata dalla scelta del macchinario di officina e dal sistema di distribuzione.

L'attività degli ingegneri, tuttavia, si è rivolta fin qui principalmente allo studio dettagliato delle condizioni tecniche di produzione e di distribuzione, lasciando in seconda linea quello delle condizioni di vendita, quasi queste ultime non potessero influire che in piccola parte sull'andamento complessivo dell'azienda.

In questi ultimi tempi si ebbero bensì delle ricerche intese a gettar luce sull'argomento, ma ancora, non in modo generale e collo scopo di suggerire per i singoli casi la soluzione preferibile, ma, quasi direi, col preconcetto di dimostrare la bontà di un sistema di tariffe in opposizione agli altri: e in modo assoluto, senza considerare le condizioni speciali delle singole imprese; analogamente a quanto farebbe chi volesse dimostrare che le correnti continue o alternate, le basse o le alte tensioni sono preferibili sempre, senza riguardo all'estensione della rete da progettare o al modo di utilizzazione dell'energia prodotta.

Ora, anche in questo campo, non abbiamo la perfezione assoluta, non abbiamo il modo di tassazione ottimo, ma ne abbiamo una serie che presentano tutti dei vantaggi e degli inconvenienti. Compito degli ingegneri quello di scegliere il tipo che, nel loro caso particolare, presenti la maggior somma dei primi colla minore dei secondi. Tentativo mio, con questa lettura, il facilitare ad essi la scelta.

Premetto che mi occuperò specialmente delle tariffe di illuminazione, che sono le più controverse, considerando fra gli impianti, di preferenza, quelli a vapore.

Digitized by Google

* * *

Mi è sfuggita qui sopra un'affermazione che potrà parere avventata: la scelta del tipo di tariffa, ho detto, può essere quanto e più importante della scelta del tipo di macchinario: infatti, allo stato attuale della scienza, le spese vive di esercizio di un'officina di produzione di energia elettrica, sono basse, potendo scendere a meno di 10 cent. per chilowatt-ora. Dato il prezzo di vendita, che è di circa dieci volte maggiore, si vede a quale piccola economia potranno addurre gli sforzi diretti a migliorare il macchinario, mentre lo studio della tariffa ci indicherà in quale modo tutte le altre spese possono essere meglio utilizzate, implicando quindi una diminuzione del costo unitario, di un ordine maggiore di quello ottenibile colle ulteriori economie nel modo di produzione.

Nelle industrie affini, quali quelle del gas e dell'acqua potabile, il problema della scelta della tariffa è molto meno arduo; anzi si riduce più che altro alla determinazione del prezzo unico a cui va venduto il metro cubo d'acqua o di gas: ma il modo col quale questi vengono prodotti è così differente da quello dell'energia elettrica, che non si può ragionevolmente supporre debbano essere normalmente eguali i sistemi di vendita.

Essendo nella maggior parte dei casi molto difficile tanto tecnicamente che economicamente accumulare la elettricità, ne risulta una condizione di inferiorità nella produzione dell'energia elettrica, che deve essere generata nello stesso momento e nella stessa proporzione in cui viene richiesta. Ciò è assolutamente diverso da quanto si verifica nel caso del gas o dell'acqua, pei quali la possibilità di serbatoi è cardine dell'economia di produzione: in tal caso la tariffa non può tendere, colla mitezza o cogli sconti graduali secondo l'ammontare complessivo del consumo, che a diffondere l'uso dell'acqua o del gas, comunque ciò avvenga.

Che cosa importa infatti, che la richiesta sia fatta principalmente in date ore della giornata invece di essere distribuita sulla totalità delle ore? il modo di produzione è continuo; il macchinario quindi, escluse le tubazioni soltanto, proporzionato, non alla richiesta massima in un dato momento, ma alla richiesta totale.

Coll'elettricità invece la tariffa non deve solo diffondere il proprio prodotto, ma cercare di influire anche sul tempo in cui il consumo dovrebbe avvenire.

Nasce qui subito l'idea che base dei calcoli nella ricerca razionale di un tipo conveniente di tariffa, deve essere la divisione delle spese proporzionali di esercizio.

Digitized by Google

Tuttavia, non sempre tale considerazione si è fatta, o per erronea analogia col modo di vendita adottato per il gas, o per altre ragioni che andrò a mano a mano esponendo: anzi, in uno studio comparativo, quale è il presente, credo opportuno di suddividere i vari sistemi in due classi a seconda che non si è tenuto o che si è tenuto conto della distinzione di spese suaccennata.

In entrambi le classi poi c'è l'altro studio: quello dell'unità che deve servire come base di tassazione.

Agli utenti interessa di acquistare' una data quantità di luce; sarebbe quindi molto naturale il tenere la lampada-ora, o meglio la candela-ora come unità; e ciò sarebbe davvero preferibile se si potesse avere uno strumento che integrasse in modo continuo le irradiazioni luminose prodotte in tutto l'impianto: pur troppo tale registratore di luce è ben lontano dall'essere ideato, per cui si dovrebbe rinunciare a vendere la lampada-ora; ma molte Società non vogliono fare tale rinunzia e, allettate dalla facilità con cui il cliente capisce l'unità candela, si attengono ad essa, e traducono le letture di un amperometro o di un voltometro in candele-ora, supponendo che la tensione dell'impianto rimanga costante, e che ogni candela assorba una data frazione di ampère o un dato numero di watt.

Tale unità è, p. es., adottata a Vienna (Wiener Centralstation) dove si ha la seguente tariffa:

Per ogni ora di accensione di una lampada ad incandescenza da

10	candele	1,8 kreuzer
16	„	2,7 „
32	„	5,4 „
50	„	8,1 „
100	„	16,2 „

per lampada ad arco da 8 ampère 20 kreuzer: per 2 o 3 in serie 40 kreuzer
„ „ „ „ 12 „ 30 „ „ 2 „ 3 „ „ 60 „
„ „ „ „ 16 „ 40 „ „ 2 „ 3 „ „ 80 „
con sconti proporzionali al numero di ore di accensione.

Così a Ginevra (Ville de Genève - Service d'eclairage électrique) si pagano i prezzi seguenti:

Per lampada-ora da

8	candele	cent. 4
10	„	„ 5
16	„	„ 7
20	„	„ 8 ½
25	„	„ 10
32	„	„ 12 ½
50	„	„ 18
100	„	„ 35

Digitized by Google

E così in molti e molti casi, dove tuttavia la candela non fu adottata che per motivi di opportunità.

Infatti la tensione in un impianto non è certo sempre la stessa; e riguardo al consumo di energia per candela, si sa che varia enormemente da una lampada all'altra, e, nella stessa lampada, a seconda del tempo in cui essa è rimasta accesa.

Dal punto di vista scientifico questa unità va quindi scartata assolutamente, ma anche dal punto di vista pratico, se essa torna comoda per dimostrare all'utente quale sarà la sua spesa probabile con un dato orario di accensione, e se lo mette in relazione con parole che non hanno il rigido aspetto scientifico e gli sono famigliari, porta poi, durante l'esercizio, continui lamenti, perchè l'utente, nel verificare le bollette, fa i suoi calcoli sulla unità datagli dalla Società come su qualche cosa di stabile, e viene poi a riscontrare delle differenze che sono imputabili al diverso consumo delle lampade, ma che egli attribuisce alla imperfezione dei contatori, se pure non addirittura alla mala fede della Società.

Tolta di mezzo la lampada-ora restano l'ampère-ora o l'ettowat-ora: credo senz'altro preferibile l'ettowatt-ora, poichè ad esso, piuttosto che all'ampère-ora, sono proporzionali e il costo di produzione che colpisce la Società, e l'intensità luminosa goduta dall'utente; anzi è bene notare che si adottò l'ampère solo perchè gli amperometri vennero costrutti più facilmente e prima dei wattometri.

Vero è che, nelle ordinarie distribuzioni, le oscillazioni avvengono egualmente in più od in meno del voltaggio a cui è fatto l'impianto: per cui i due metodi di misura, basati sulla intensità e sull'energia, vengono praticamente ad equivalersi.

Si obbietta da taluni che, abbandonando la lampada-ora come unità, le Società esercenti rinunciano alla parte di beneficio che potrebbe loro derivare qualora i costruttori ottenessero delle lampade di minor consumo di quelle attualmente in commercio. Io credo invece che le Società avrebbero già la loro parte di vantaggio dall'inevitabile sviluppo che prenderebbe l'illuminazione elettrica se si potesse così, senza alterare il prezzo dell'energia, diminuire quello della lampada-ora: e mi basterà citare il caso del gas, che temeva essere danneggiato dall'incandescenza Auer, a cui deve, senza dubbio, invece, anche coi noti inconvenienti delle reticelle, di poter continuare ad estendersi malgrado il crescente sviluppo dell'elettricità.

Scelta così l'unità di misura, passiamo alla discussione dei vari tipi di tariffe: colla distinzione sopra accennata avremo:

Digitized by Google

Fra quelle stabilite indipendentemente dalla considerazione delle spese fisse e delle proporzionali di esercizio:

Tariffa *à forfait.*
„ **a contatore con un prezzo unico fisso, e**
„ **a contatore con sconti proporzionali all'ammontare totale del consumo.**

Fra quelle invece nelle quali si è tenuto conto della divisione suesposta:

Tariffa con costante.
„ **con sconti proporzionali all'utilizzazione di ogni lampada installata,**
„ **Brighton o Wright.**
„ **Andrew.**
„ **basata sulla curva di carico di officina.**

Tariffa " à forfait „. — La adozione del *forfait* nell' esercizio della illuminazione elettrica si presenta senza dubbio immediatamente a chi ne considera il progetto finanziario. Ammessa la possibilità di alimentare un dato numero di lampade con un impianto, per l'esercizio del quale preventiviamo una data spesa annua, dividendo questa ultima (compresi gli utili desiderati) per il numero delle lampade che ci proponiamo di installare, abbiamo il prezzo unitario che devesi pretendere come compenso annuo per ciascuna lampada, a fine di assicurare l'esito finanziario dell'impresa. Qui abbiamo la candela come unità; sarebbe bene che la Società tenesse il monopolio delle lampade come garanzia del consumo unitario. Si capisce come molte industrie del genere, al loro sorgere, e principalmente per togliere e diminuire l'alea, adottino il *forfait;* ma accade pur troppo spesso che il consuntivo di spesa, principal... in un impianto a vapore, sorpassi di gran lunga il preventivo, e ciò [illegible] un difetto (il principale) di questo sistema di tassazione, quello dell' abuso inevitabile per parte del cliente.

L'officina Clerici e Conti, che faceva anni sono la distribuzione dell'energia elettrica per illuminazione nel settore di Principe Umberto in Milano, aveva un carico integrale giornaliero 1,8 volte circa quello risultante dalle dichiarazioni degli utenti: la Edison che, nei suoi primordi, aveva pure adottato il *forfait* per iniziare più facilmente la diffusione della illuminazione elettrica, lo dovette abbandonare dopo constatato l'abuso: e così altre ed altre molte compagnie che sarebbe troppo lungo enumerare.

Per citare un solo esempio molto recente, una officina di elettricità, inaugurata l'anno testè decorso, raggiunse in questi ultimi mesi un' accensione media giornaliera di 9 ore, mentre è noto che tale accensione media non sorpassa, in condizioni normali, le due ore soltanto. Si ha cioè un danno per l'officina, non compensato da un

Digitized by Google

vero vantaggio del cliente, il quale finisce a sciupare la luce, molto più del suo bisogno, come è provato ogni qualvolta si abolisce il *forfait* in un dato impianto, mettendo in opera i contatori: accade infatti allora che l'abbonato finisce a pagare meno di prima, di tanto egli riduce il proprio consumo. Sarebbe bene, per frenare almeno in parte gli abusi, che le lampade, fornite dalla Società, fossero pagate dall'utente.

Altro inconveniente del sistema è quello di impedire la diffusione generale dell'illuminazione elettrica: di solito infatti, dovendosi pagare una quota fissa per lampada installata, i privati chiedono soltanto quelle lampade per cui hanno la certezza di godere un orario di accensione molto prolungato, (sale da pranzo, cucine, studi, ecc.), mentre si servono di altri mezzi di illuminazione per quelle camere, dove il bisogno della luce artificiale è sentito per poche ore.

Dovremo perciò condannare in ogni caso il *forfait?* Negli impianti idraulici, per esempio, in cui le spese proporzionali di esercizio sono di piccola importanza, l'abuso non reca grave danno alla Società. Se poi si tratta dell'illuminazione di paesi o villaggi, in cui i grandi appartamenti sono poco numerosi, ha anche minor importanza l'altro inconveniente lamentato, quello di limitare il numero delle lampade che verrebbero richieste.

In questi casi il *forfait* può venire generalmente adottato. A Gardone sono arrivati al punto di montare tutte le lampade senza interruttori; anzi, esse lampade rendono superfluo il regolatore della turbina; quando si dà l'acqua a quest' ultima, nelle case si fa la luce, e dura fina all'ora della notte in cui la turbina si ferma. Non dico che questo modo sia proprio consigliabile: a Gardone ed altrove l'hanno e se ne trovano contenti.

Il *forfait* può anche tornare conveniente in casi speciali, se adottato in piccole proporzioni, da Società che hanno un altro sistema generale di tariffa; così quando l'abuso si può facilmente constatare od è del tutto improbabile, come nell' illuminazione delle portinerie, atri e scale.

Tariffa fissa a contatore. — Quando le Società, spaventate dall'abuso portato dai *forfait*, li aboliscono gradualmente, sostituendo una tariffa fissa ed uguale per clienti piccoli e grandi, per lampade di lunga e breve durata di accensione, esse ammettono implicitamente che il costo dell'energia sia eguale in tutti i casi; cioè con un criterio piuttosto grossolano, dividono le spese totali annue per il numero complessivo dei chilowatt-ora venduti e tengono il rapporto come costo del chilowatt-ora; è su tale costo, così supposto unico, che stabiliscono un unico prezzo di vendita.

Digitized by Google

In questi ultimi anni, per opera principalmente degli ingegneri americani ed inglesi, si sono mosse a questo sistema aspre censure: si è osservato giustamente come le spese di produzione piuttosto che al numero totale dei chilowatt-ora annui prodotti, sono proporzionali al massimo carico dell'officina: si sono infine proposti diversi sistemi di tariffe maggiormente consoni alla più approfondita nozione delle spese di esercizio. Tuttavia, per le grandi Società, i vantaggi delle tariffe a scala mobile, che andremo esponendo, sono meno sentiti che nei piccoli impianti. Infatti, la molteplicità delle installazioni diminuisce di molto la probabilità che tutte chiedano contemporaneamente il massimo carico, per cui diminuisce la ragione di gravare ogni singolo cliente quando egli abbia a richiedere una corrente molto intensa. Nei grandi impianti, principalmente dopo qualche anno di esercizio, i diagrammi di carico non subiscono rapide oscillazioni, appunto perchè le richieste, nella loro varietà, tendono a compensarsi.

È per questo che gli ingegneri si abituano a considerare il complesso dei clienti invece dei clienti singoli; è per questo che si adotta per tutti un modo unico di tariffa, ciò che promuove troppo poco l'estendersi dell'illuminazione elettrica fra coloro che avrebbero un maggior orario di accensione e che quindi sarebbero i più utili alla Società.

Il praticare degli sconti proporzionali alla somma delle bollette pagate dall'utente, non è che un correttivo avente lo scopo di facilitare ai forti consumatori, che hanno eguale trattamento dalle Società del gas, l'adozione dell'illuminazione elettrica È il solito principio della vendita all'ingrosso, scusato però in parte dalle diminuite spese di esazioni e contabilità, nonchè dalle economie che si realizzano per l'impianto delle condutture.

Poichè sono in argomento, noterò un difetto in cui si incorre spesso applicando questo sistema.

Fra le molteplici del genere, cito la tariffa di Wohlen, (Elektrische Anlage in Wolhen, Svizzera).

Tariffa fissa di 8 centesimi l'ampère-ora sconti

del	5 %	. . . da	6000	ampère-ora a	8999
»	10 »	. . . »	8000	»	» 11999
»	15 »	. . . »	12000	»	» 14999
»	20 »	. . . »	15000	in più.	

Con ciò chi ha utilizzato 14999 ampère-ora pagherà 60 lire in più di chi ne ha utilizzato 15.000.

Qualche Società ha provveduto a ciò, concedendo non uno sconto unico sull'ammontare totale delle bollette, ma una scala di sconti cre-

Digitized by Google

scenti e applicabili ciascuno ad una quota-parte soltanto del consumo; così a Norimberga (Elektrizitätswerk Nürnberg).

Tariffa fissa 7 Pf. il chilowat-ora: sconti

5	%	per quella	parte	di	consumo	che è	compresa	fra	500 e	1000 marchi
10	„	„	„	„	„	„			1000 „	2000 „
15	„	„	„	„	„	„			2000 „	4000 „
20	„	„	„	„	„	„			4000 „	7000 „
25	„	„	„	„	„	„			7000 „	10000 „
30	„	„	„	„	„	„			10000 „	più „

Chi, in fine d'anno, avesse un ammontare di consumo corrispondente a 12000 marchi, pagherebbe:

Per i primi	500	marchi	Marchi	500
„ altri	500	„	„	475
„ „	1000	„	„	900
„ „	2000	„	„	1700
„ „	3000	„	„	2400
„ „	3000	„	„	2250
„ „	2000	„	„	1400
e complessivamente			Marchi	9625

e non marchi 8400 come dovrebbe se lo sconto del 30 % fosse sul l'ammontare totale.

Degli altri inconvenienti comuni a tutta la prima classe di tariffe, parlerò contrapponendoli ai vantaggi dei tipi a scala mobile.

Spese fisse e spese proporzionali. — Prima di enunciare questi tipi di tariffe basate sulla distinzione delle spese fisse e proporzionali di esercizio, vediamo di farci un'idea chiara di tale distinzione.

Se nei rendiconti di officina consideriamo l'ammontare degli introiti e delle spese mensili per due mesi di produzione molto diversa vediamo che queste due quantità non variano proporzionatamente, anzi, ci salta subito all'occhio che al variare dei primi le seconde non tengono dietro che molto moderatamente.

Infatti le spese proporzionali di esercizio si riducono al costo addizionale del combustibile, dei lubrificanti e dell'acqua ed a quelle riparazioni che sono dovute al maggior logoramento delle macchine:

Si devono invece considerare come spese fisse, oltre alle paghe, interessi, tasse, spese di direzione, amministrazione, assicurazioni, fondo di riserva ed ammortamenti, anche quella parte di combustibile e lubrificanti che serve a mettere e mantenere in movimento le macchine, nonchè l'ordinaria manutenzione del macchinario, fabbricato e reti.

Digitized by Google

Artur Wright, *manager* della Electricty Works corporation di Brighton, suggerisce un mezzo semplice per stabilire la quota parte delle spese di combustibile, olio e riparazioni che si devono ritenere come spese fisse.

Sia T la spesa totale per tale capitolo durante un periodo di massima produzione U in chilowatt-ore. Sia T_1 la spesa totale per una produzione U_1, durante un periodo di tempo uguale al primo e possibilmente preso nello stesso anno, in cui la produzione sia stata minima. S la parte fissa di tali spese eguale quindi in entrambi i periodi; R la quota proporzionale per energia prodotta, per es, per chilowatt-ora. Avremo:

$$T = S - R\,U \qquad T_1 = S - R\,U_1$$

da cui $$R = \frac{T - T_1}{U - U_1} \qquad S = T - \frac{T - T_1}{U - U_1} \times U.$$

Si intende che queste formole non devono essere interpretate col rigore di formole matematiche: perchè ciò fosse giusto bisognerebbe che le macchine, in un numero eguale, funzionassero per l'identico numero di ore, che le caldaie in esercizio rimanessero le stesse in entrambi i casi, che i fuochisti e macchinisti fossero sempre quelli, ecc.

Per avere dei risultati attendibili sarebbe bene poter ripetere il calcolo per parecchi anni, facendo poi una media dei risultati. Certo è che, come semplice guida, le equazioni di Wright possono tornare utilissime.

Come esempio ho fatto questo calcolo per il combustibile per l'anno 1896 e per le officine di S. Radegonda e di G. B. Vico della Società Edison di Milano.

Officina di S. Radegonda

	Combustibile	Chilowatt-ora prodotti
Dicembre	T_1 = Chig. 617 200	U = 204.628
Luglio	T_1 = „ 248.400	U_1 = 70.077

Troviamo $R = 2{,}7$ Kg. per chilowatt-ora; e quindi $S = 64.705$ chg. di carbone: cioè, anche questa spesa che viene di solito considerata come proporzionale al numero totale dei chilowatt-ora prodotti, sarebbe nel caso dell'officina citata una spesa fissa per un 10 % del consumo di gennaio, o per un 25 % di quello di luglio.

Per l'olio questa percentuale è di circa l'11 % e il 26 %.

Nell'officina di G. B. Vico per il carbone abbiamo $R = 2{,}30$ S = chg. 20.000 circa.

Nel mese di gennaio, la spesa del carbone è una spesa fissa per il 18 %.

Per l'olio la percentuale è del 24 %.

Nel mese di luglio tali rapporti salgono al 25 ed al 30 %.

Digitized by Google

Ho scelto questi esempi perchè essi si riferiscono a due officine essenzialmente diverse. A S. Radegonda si avevano unità piccole e funzionanti continuamente: quando cresceva il carico si metteva in esercizio una macchina in più, per cui le spese fisse, per quanto riguarda combustibile e lubrificanti, erano minime. A G. B. Vico non vi è che una sola macchina in esercizio discontinuo, colla quale, crescendo il carico e la durata di funzionamento, restano meglio ripartite le spese per mantenere la macchina in moto e quelle per mettere le caldaie in pressione, mentre dette spese sono unitariamente più sentite, quando diminuiscono i chilowatt-ora prodotti.

È nota l'influenza del coefficiente di carico sul consumo di combustibile. Per richiamarne l'importanza cito uno specchietto dove sono riassunti i risultati di esperienze eseguite su di una Willans.

Carico	Chg. di carbone per HP effettivo
20 %	3.315
30 „	2,450
40 „	2.155
50 „	1,950
60 „	1 815
70 „	1,700
80 „	1.590
90 „	1.545
100 „	1,5

Abbiamo in ciò una conferma del modo con cui si dovrebbe calcolare il rendimento di una macchina a vapore: deducendo cioè prima la quantità di vapore che serve a mantenere la macchina in movimento a vuoto: e considerando poi la parte rimanente che cresce col carico, e nella quale è compresa anche la quota necessaria a vincere gli attriti.

Per provare maggiormente l' importanza delle spese fisse e quindi il vantaggio per le Società esercenti di crescere, a parità di impianto, il numero dei chilowatt-ora prodotti, ho fatto un diagramma riferentesi all'officina di S. Radegonda, dove, per i diversi mesi tenuti come ascisse, ho portato come ordinate tutte le spese di produzione e distribuzione, ed i chilowatt-ora prodotti.

È evidente come le spese variano molto meno del carico; ma non basta: giova notare che diagrammi analoghi si potrebbero supporre per i diversi giorni del mese, e per le diverse ore del giorno, ciò che confermerebbe anche più il mio asserto.

M. Green divide così le spese di esercizio:

1.° Spese preliminari per la costituzione della Società.
2.° Spese di collegamento degli utenti.
3.° Spese proporzionali al massimo carico.
4.° Spese proporzionali propriamente dette.

Digitized by Google

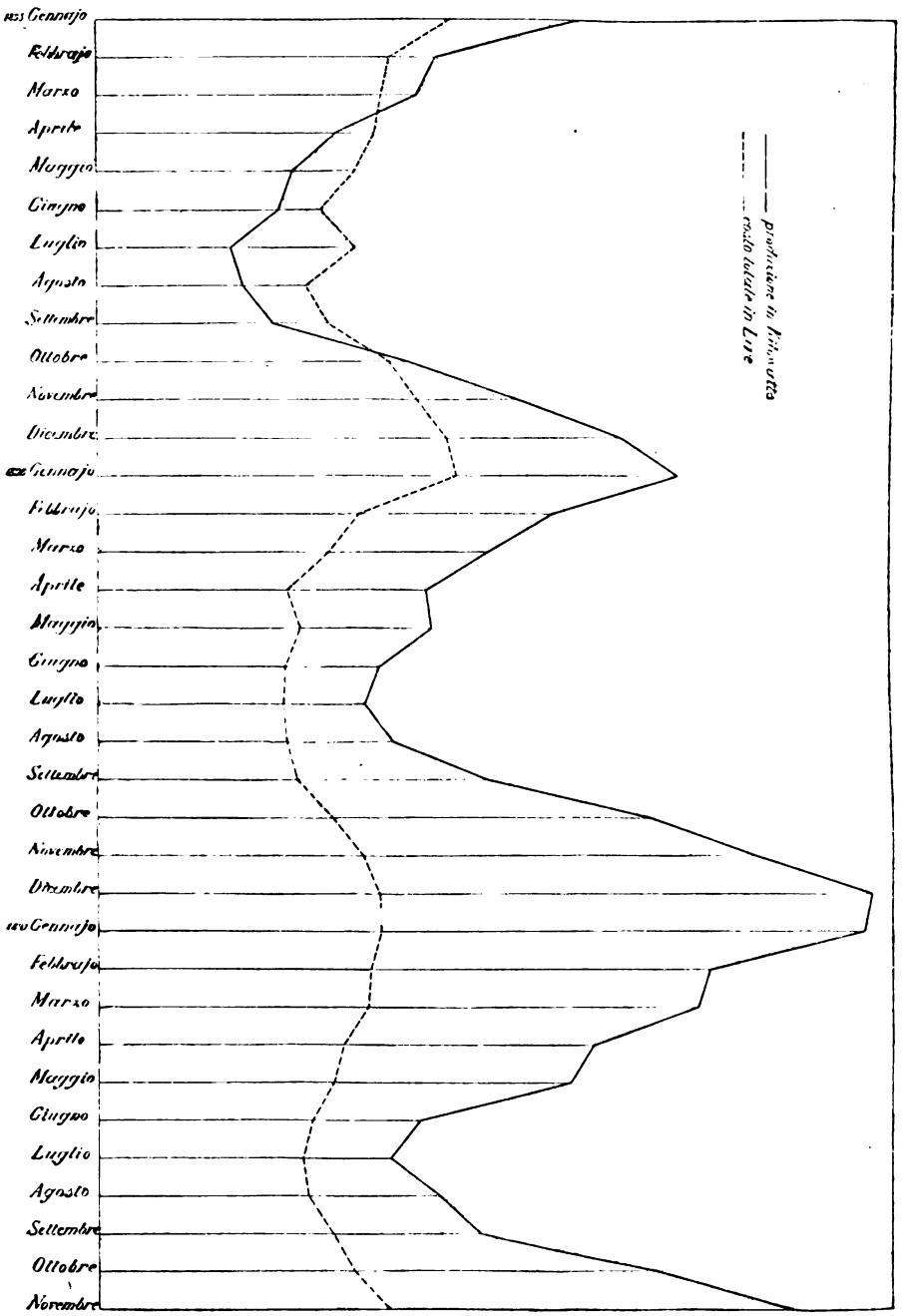


DIAGRAMMA I.

Digitized by Google

A Brighton queste spese sono ordinatamente il 6, 3, l' 11 ed il 66,4 %; e le proporzionali solo il 16,3 %.

Negli ultimi esercizi le spese proporzionali ammontarono a circa cent. 10 per chilowatt-ora; le fisse annue a 450 lire circa per chilowatt massimo richiesto.

A Milano, nel 1896, per l'illuminazione dei privati esercitata da S. Radegonda, tenendo conto del modo di ripartizione sopracitato, si sarebbe ottenuto rispettivamente cent. 14 e L. 530.

Per completare gli esempi, citerò anche un' officina di Germania, scegliendo quella di Hannover, dove i risultati precedenti, calcolati sui dati di officina di qualche anno fa, darebbero un costo di produzione proporzionale di cent. 12 per chilowatt-ora di fronte ad una spesa annua di L. 300 circa per chilowatt massimo richiesto. Le differenze nelle cifre sono spiegabilissime coi diversi tipi di impianti; tutti concordano però nel dimostrare la enorme importanza delle spese fisse.

Da quanto abbiamo esposto fin qui, appare in modo evidente che il costo dell'energia è proporzionale alla durata di utilizzazione, per cui è giusto sia proporzionale anche il prezzo di vendita; e d' altra parte, si capisce come anche indipendentemente dal criterio di equità, le compagnie abbiano tutto il vantaggio di studiare delle tariffe che, prolungando le ore di utilizzazione, portano ad una reale diminuzione nel costo dell'energia unitaria prodotta.

Tariffe a scala mobile. — Ciò premesso, vediamo quali sono queste tariffe che, tenendo conto della divisione di spese suaccennate, hanno per iscopo di aumentare il coefficiente di carico dell'officina.

Come ho detto sopra avremo:

Tariffa con costante.

„ con sconti proporzionali all'utilizzazione di ogni lampada installata.

„ Brighton o Wright.

„ Andrew.

„ basata sulla curva di carico dell'officina.

Tariffa con costante. — Il primo tentativo del genere fu quello di far pagare una costante annua per lampada installata (costante che rappresenterebbe per la Società il rimborso delle spese fisse alle quali essa deve sottostare per il fatto stesso dell'eventuale accensione della lampada) e un tanto per chilowatt-ora a contatore come corrispettivo delle spese proporzionali di esercizio.

Questa tariffa che viene impropriamente chiamata Hopkison (M. John) mentre non è stata proposta da questo alla Junior Engineering

Digitized by Google

Society che nel 1892, venne invece applicata per la prima volta a Milano dalla Edison, dietro iniziativa del prof. G. Colombo, niente meno che 8 anni prima e cioè nel 1884.

Tariffa con sconti proporzionali all'utilizzazione di ogni lampada installata. — Per togliere l'inconveniente di limitare il numero delle lampade da installarsi (poichè il cliente è portato, come per il *forfait*, a richiedere solo quelle di lunga accensione) si è anche proposto di far pagare dei prezzi diversi a seconda del numero di ore di utilizzazione dell'impianto, ciò che porta a dei risultati non molto dissimili dal tipo precedente, salvo per quelle lampade che, avendo avuto pochissime ore di accensione, avrebbero pagati prezzi esagerati colla costante. Entrambi i tipi possono essere rappresentati graficamente: il primo da una iperbole: il secondo da una serie di rette che intersecano l'iperbole in corrispondenza di quelle ascisse che danno il numero di ore per le quali è identica l'adozione dell'uno o dell'altro tipo di tariffa.

Questo tentativo è della più alta importanza come quello che ha aperto per il primo la serie delle tariffe razionali: ma non è privo di svantaggi, fra cui la necessità di constatare numero effettivo ed intensità delle lampade installate; ciò che porta la spesa di frequenti verifiche; annoia il cliente che mal sopporta le visite degli agenti della Società, ed infine non conduce mai a risultati sicuri, data la facilità con cui si possono sostituire, alle primamente installate, lampade di intensità luminosa diversissima.

Come esempio, prendiamo appunto la tariffa adottata dalla Edison nel 1884.

Tariffa senza costante.

Per numero medio di ore d'illuminazione per ogni ettowatt di capacità dell'impianto e per mese	Tassa di consumo per ettowatt-ora
Da ore 0 a 40	cent. 14,7
„ „ 41 „ 80	„ 13,3
„ „ 81 „ 100	„ 12,2
„ „ 101 „ 125	„ 11
„ „ 126 „ 150	„ 9,7
„ „ 151 in avanti	„ 9

Tariffa con costante.

Per ogni ettowatt di capacità dell'impianto.

Costante annua fissa	L. 57,15
Tassa di consumo all'ora . .	cent. 6,6

Come risulta dall'unito diagramma II, l'andamento generale delle due curve è analogo nei rami medi; la tariffa con costante torna meno conveniente per gli abbonati fino alle 70 ore mensili di utilizzazione dell'impianto; torna invece più conveniente solo dopo le 200 ore.

Digitized by Google

Ma entrambi questi sistemi, oltre all'impedire che lo sviluppo della illuminazione elettrica diventi generale, suppongono che le spese che non dipendono direttamente dal consumo, siano proporzionali al numero delle lampade installate, mentre questo elemento ha una importanza relativa, importanza che inoltre scema gradatamente coll'estendersi della stazione centrale.

Infatti, passati i primi anni, si sa benissimo che non occorre predisporre officine e condotture per la totalità delle lampade, conoscendosi, per l'esperienza degli anni precedenti, che non tutte sono accese simultaneamente, e potendosi stabilire un rapporto fra tutte quelle collegate alla rete e il numero massimo di quelle che contemporaneamente richiedono l'energia nell'officina.

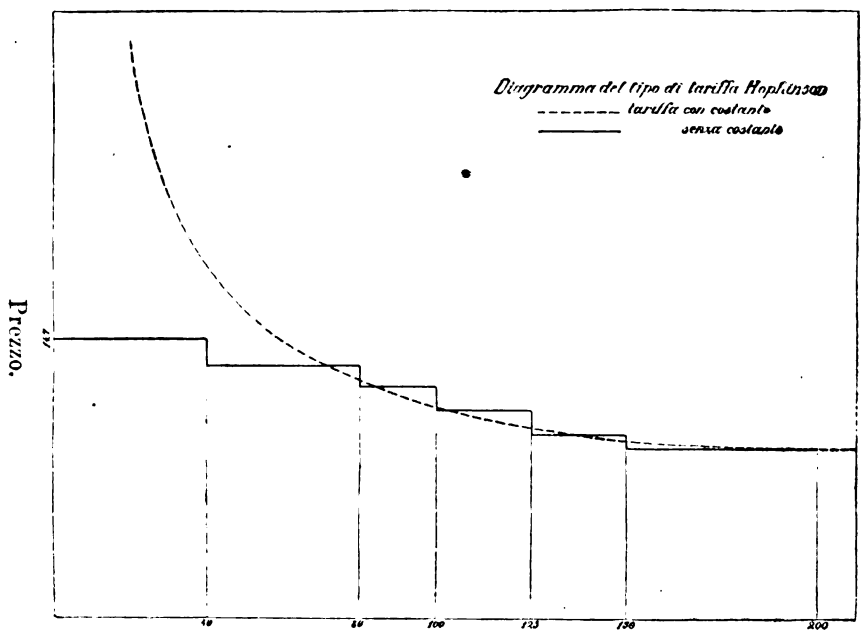


DIAGRAMMA II.

Anche usando di questo rapporto per ridurre la quota parte di spese fisse di cui si vuol gravare ogni lampada rilegata alla conduttura, rimane sempre un errore grave di concetto: quello di supporre implicitamente che tutti gli impianti abbiano la stessa media di accensione, e quindi di favorire certi utenti a scapito di certi altri. In secondo luogo, mentre si mette un freno all'aumentare la capacità dell'impianto (ed è male) non se ne mette alcuno, ciò che sarebbe bene, all'uso simultaneo delle lampade installate. Infine, le riduzioni pro-

Digitized by Google

messe per i lunghi consumi non sono tali da invitare davvero i clienti ad approfittarne, non superando il 20 od il 25 %, mentre la spesa sopportata dalla Società per la maggior utilizzazione dell'impianto, ammetterebbe sconti del 60 e del 70 % e più.

Sistema Wright. — Si toglie gran parte degli svantaggi dei precedenti, adottando il sistema chiamato Brighton o Wright, appunto perchè iniziato dal detto ingegnere nell'officina da lui diretta a Brighton (Electricity Works Corporation).

Ammesso che le spese fisse di esercizio sieno dipendenti dal numero di lampade *contemporaneamente accese*, si fa pagare al cliente una tariffa variabile a seconda della maggiore o minore utilizzazione del massimo carico che egli ha richiesto, ciò che porta la necessità di installare, oltre al solito contatore, un indicatore della massima domanda di corrente.

Volendo essere esatti, si dovrebbe far pagare quote proporzionali alla domanda massima di ciascun consumatore nel giorno, o meglio ancora, nel minuto in cui si ebbe in officina il carico massimo; ma ciò è praticamente impossibile, per cui si deve ricorrere a dei temperamenti.

A Brighton si tiene come massimo la media dei massimi mensili dei sei mesi di inverno, e, purchè essi abbiano durato almeno dieci minuti, si suppone che periodi minori non possano influire sull'officina, e che i massimi che ogni cliente raggiunge nei mesi di estate non implichino un aumento di installazione e quindi di spese fisse.

Abbiamo veduto che a Brighton la spesa annua fissa per chilowatt massimo richiesto è di L. 450; ma l'esperienza ha provato che il massimo di officina corrisponde solo al 66 % della somma dei massimi presso gli utenti, per cui questi dovrebbero essere gravati annualmente di L. 300 annue per chilowatt e cioè di sole L. 0,80 circa per giorno e per chilowatt massimo richiesto: questa sarebbe la spesa fissa. La spesa proporzionale, come dicemmo, dovrebbe essere di circa 10 centesimi per chilowatt-ora, per cui potremmo con questi elementi ricostruire una curva iperbolica analoga a quella citata per il tipo di tariffa Hopkinson e che sarebbe più consona alla equa distribuzione delle varie spese di esercizio.

Invece, per non iscoraggiare i clienti dall'installare lampade di preventivata breve durata, e per semplificare i calcoli, Wright stabilisce una tariffa che il cliente paga fino a quando non abbia compensato la sua parte di spese fisse, applicando poi per il consumo addizionale una tariffa ridotta.

Digitized by Google

A Brighton, secondo i calcoli precedenti, supponendo che al minimo i clienti diano un ammontare annuo di consumo pari ad almeno 365 ore di accensione del massimo carico, si dovrebbe far pagare L. 0,90 al chilowatt-ora per le prime 365 ore a cent. 10 per ogni chilowatt-ora addizionale; in pratica si cominciò coll'adottare invece cifre un po' meno convenienti per gli utenti di lunga durata, facendo pagare cent. 80 circa per le prime 365 ore, e cent. 35 circa poi.

Descrizione dell'apparecchio. — Per rendere possibile l'applicazione di questa tariffa, l'ing. Wright ha ideato un apparecchio semplice e quindi di poca spesa *(demand indicator)* che deve essere installato addizionalmente al contatore ordinario: esso è analogo ad un termometro a massimo, e consta di un tubo di vetro ad *U* chiuso ermeticamente e riempito in parte di un liquido colorato. A sinistra il tubo termina con una espansione rivestita di una o più spirali di un nastro di platinoide, attraverso al quale passa la corrente totale richiesta dall'impianto; alla parte destra il tubo ad *U* comunica superiormente con un altro bulbo terminante in un lungo, sottile tubetto; quando la corrente passa attraverso alla striscia di platinoide, questa si scalda, e fa espandere l'aria nel tubo, in proporzione al calore sviluppato, e quindi alla corrente. Il liquido scende nel braccio destro dell'*U* e sale nel sinistro, finchè sgorga nel tubetto sottile dove rimane. Questo è graduato in modo che l'altezza del liquido trovatovi indica la corrente massima passata dall'apparecchio.

Gli agenti della Società fanno le letture ogni mese, ritornando a zero lo strumento con una facile manovra. Da una parte del tubetto vi è la gradazione in ampère, dall'altra l'indicazione del consumo in ettowatt-ore che si deve raggiungere prima di fruire della tariffa ridotta.

Vantaggi del sistema Wright. — Il sistema suesposto presenta indubbiamente dei vantaggi. Se noi guardiamo quali sono i clienti che si rivolgono normalmente alle officine elettriche in confronto di quelli che fanno uso del gas, vediamo che ai primi spettano di preferenza i teatri, caffè, grandi magazzini di lusso ed appartamenti di persone facoltose, od almeno del ceto medio: l'illuminazione elettrica viene insomma richiesta soltanto da coloro che, attribuendo importanza grande alla comodità ed alla sicurezza, preferiscono l'elettricità, anche pagandola più di quanto pagherebbero il gas; viene così di solito trascurata tutta la numerosissima clientela degli impianti privati di piccola entità, che pure hanno un orario regolare e che si prolunga molto più di quanto lo sia il carico portato normalmente dai negozi di lusso, ecc.

Digitized by Google

Un altro campo inesplorato, o quasi, è quello delle piccole botteghe aperte fino a tardi, i cui padroni inoltre vivono spesso superiormente alla bottega stessa, accrescendo la possibilità di un lungo orario. Questa clientela rimase fin qui al gas, perchè più economico, mentre le compagnie di elettricità abituate alle tariffe fisse, disperavano di poter fare una riduzione generale che portasse loro anche questo genere di utenti. Ebbene: l'adozione di una scala mobile del tipo accennato può riuscire all'intento di mantenere alti i prezzi per i clienti che richiedono per breve tempo l'energia, e che quindi alla società costano di più, mentre i clienti che hanno lunga durata di utilizzazione possono trovarsi in condizioni più economiche che utilizzando il gas. Le società poi ritraggono utili maggiori perchè le spese proporzionali (le sole che crescono con questo tipo di tariffa) sono, come abbiam veduto, molto piccole in confronto delle spese fisse.

A Brighton si inaugurò tale sistema nel 1893 facendo pagare 7 denari per le prime 730 ore annue e 3,5 denari per le altre: i maggiori utili ottenuti permisero all'impresa (che è esercitata dal Municipio) di ridurre a 365 le ore per le quali si deve pagare la tariffa massima, portando inoltre il compenso residuo per chilowatt-ora dapprima a 3 denari, poi a 2, finalmente ad un penny e mezzo. Il coefficiente di carico crebbe nel periodo dal 92 al 96 di più di un terzo; le lampade installate che erano, dopo dieci anni di esercizio, 9880 nel 1893, divennero 33.319 nel 1896.

Che il campo per una estensione ed una migliore utilizzazione delle officine elettriche sia grande, lo prova il fatto che, guardando un normale diagramma di officina, si vede come il massimo carico non sia mai oltre alle otto di sera, ciò che proverebbe che a quell'ora la maggior parte degli abitanti va a letto: mentre ciò dipende dal fatto accennato che colle solite tariffe si usa la elettricità per le lampade accese poco, e il gas per quelle di lunga durata.

Il tipo di tariffa Wright è anche molto atto ad impedire il sorgere di impianti isolati. Questi infatti nascono comunemente per installazioni importanti e aventi un grande numero di ore di accensione, cioè in condizioni da poter ammortizzare rapidamente le spese di impianto: la tariffa mobile accennata torna ad essi molto conveniente. A Brighton tutti gli impianti preesistenti vennero ora gradatamente attaccati alla stazione centrale.

Wright nel proporre questo suo sistema di tariffa diceva che tutti i consumatori devono essere una sorgente di profitto per la Società, la quale non deve fornire ad alcuno l'energia in perdita: il sistema suo invece se adottato integralmente, lascia ancora adito ad

Digitized by Google

una perdita per tutti quei clienti che non utilizzano il loro carico massimo neanche per 365 ore all'anno.

Tariffa Andrew. — A tale inconveniente cerca di ovviare Andrew facendo pagare mensilmente una quota proporzionale alla media dei carichi massimi ottenuti in un dato periodo.

Se poi determiniamo questa quota in modo che essa rappresenti il compenso della totalità delle spese fisse che gravano sulla Società per effetto del carico chiesto dall'utente, realizziamo anche un altro vantaggio; quello di favorire ancora maggiormente coloro che usano più a lungo dell'energia elettrica, perchè potremo diminuire la quota residua da chiedersi come compenso delle spese proporzionali.

L'apparecchio Wright di fronte alla scala indicante il massimo consumo, avrebbe allora l'indicazione del canone mensile corrispondente da pagarsi. Così le officine metterebbero al coperto da ogni rischio le spese fisse. Ma ci sarebbero due inconvenienti:

1.° Tutti i clienti, in genere, si spaventerebbero di dover sborsare una somma considerevole quando magari hanno appena incominciato a servirsi della loro installazione, o di dover continuare a pagare un canone proporzionale al consumo massimo avuto in un mese, anche nei mesi successivi in cui forse il consumo è trascurabile.

2.° Si perderebbero tutti quei clienti che possono trovarsi nell'occasione di usare, qualche volta, di una installazione considerevole, ma che in condizioni normali si limitano all'uso di poche lampade; così in tutti gli appartamenti di una certa importanza le sale non verrebbero illuminate coll'elettricità che perderebbe dei consumatori. Georges Claude (*Industrie électrique*, 10 novembre 1897) dice, a tale proposito, che è meglio rinunciare a questi clienti che costano più di quanto possono rendere, e Wright stesso riconosce che essi importano una perdita all'officina, come quelli che non arrivano a pagare la loro quota di spese fisse. Ma io non credo che ciò sia vero: in una grande rete di distribuzione gli impianti del genere sono numerosissimi; è molto improbabile, per non dire impossibile, che tutti richiedano contemporaneamente il massimo carico: essi finiranno col compensarsi, e l'officina non ha in essi un numero grande di cattivi clienti, ma invece, in effetto, un numero piccolo di clienti buoni.

Per mio conto credo meglio, negli impianti di qualche importanza, attenersi al sistema Wright puro e semplice, che è tale da farci perdere neppure questa categoria di abbonati. Adotterei invece il tipo della costante fissa (che fu primamente applicata da Andrew ad Hastings) nelle borgate, nei villagi, nelle piccole città dove lo equilibrarsi dei massimi sarebbe meno probabile, e dove ad ogni

Digitized by Google

modo è meno numerosa la categoria di abbonati che sarebbe facile disgustare.

Però il tipo Andrew non si deve considerare che come una lieve modificazione del Wright.

Inconvenienti del sistema Brighton. — Primo inconveniente di quest'ultimo è quello della spesa di impianto dello strumento indicatore di massimo, spesa che è in media di circa L. 50 per istrumento, e quindi tutt'altro che trascurabile. Negli impianti nuovi tuttavia non dovrebbe essere difficile munire gli ordinari contatori, amperometri o wattmetri, di un indice di massimo, ciò che dovrebbe portare ad una soluzione più economica.

Altro inconveniente è quello della difficoltà di far intendere questo tipo di tariffa agli abbonati che fanno già tanta fatica ad abituarsi a pagare, anche con tariffa fissa, dei watt e degli ampère. Adottando questo genere di tariffa sarebbe quindi bene far stampare degli specchietti coi calcoli già fatti, in modo che appaia subito all'occhio quanto verrebbe a costare l'unità di energia per ora a seconda delle ore mensili di utilizzazione.

Più grave è il non poter presentare le bollette precise alla fine di ogni mese, poichè per la divisione delle unità che vanno fatturate a tariffa intera e quelle che lo devono essere a tariffa ridotta, occorre aspettare la media dei carichi massimi del semestre. Il desiderio, da parte del cliente, di liquidare almeno mensilmente ogni pendenza colla Società venditrice di energia elettrica, è così sentito che, per mio conto, consiglierei di rinunciare ad adottare, come massimo, la media dei massimi dei semestri, e terrei addirittura i singoli massimi mensili come base di tassazione del consumo effettuato nel mese.

Tariffa Claude. — C'è un'ultima obbiezione, fatta anche dal Claude. Nella tariffa Brighton non si tiene alcun conto dell'importanza del cliente. Dice il Claude: si può essere buoni clienti (dal punto di vista del consumo totale) domandando tanti chilowatt o utilizzandoli tante ore. Ammesso il tipo di tariffa Andrew, egli propone (invece di adottare due coefficienti costanti, uno per la quota fissa, l'altro per la proporzionale) di tenerne due variabili: il primo col numero dei chilowatt richiesti; il secondo col coefficiente di consumo, cioè col numero delle ore; ed arriva ad una formula che dà il prezzo medio del chilowatt-ora:

$$P = L\frac{K}{T\,C\,(x+m)} + \frac{K_1}{C+n}$$

P prezzo per chilowatt-ora. C coefficiente di consumo (rapporto fra il consumo effettivo e il massimo possibile). x potenza massima uti-

Digitized by Google

lizzata dal cliente. T la durata in ore del periodo considerato K, m, K_1, n dei coefficienti da determinarsi in ogni caso particolare di tariffa. Formola di cui credo i poveri consumatori dureranno fatica ad apprezzare le bellezze.

Non nascondo che questo sistema in cui si considerano i chilowatt e le ore separatamente per arrivare ad un risultato così complesso, mi sembra molto strano quando sarebbe tanto semplice considerare addirittura i chilowatt-ora, o meglio le bollette pagate, e praticare degli sconti proporzionali al loro ammontare.

In una tariffa, in cui molto ragionevolmente, si è già tenuto conto della divisione delle spese fisse e delle spese proporzionali, il solo elemento che ci manca ancora di considerare è l'importanza del cliente dal punto di vista incassi che egli può apportare alla Società: se vogliamo tener conto anche di questi (ed è giusto, perchè, come dicemmo addietro, la Società ha davvero un risparmio su certe spese) che bisogno c'è di rendere nebuloso il nostro intento sotto diagrammi e formole che poi dicono la stessa cosa?

A tutte queste tariffe che sono una emanazione del tipo Wright, è stato infine obbiettato che vi è un errore di principio nel tenere come base la domanda massima del cliente invece della curva di carico dell'officina; veramente coll'adozione dei coefficienti accennati sopra, abbiamo veduto che si è tentato precisamente di esigere quote proporzionali al carico richiesto quando esso è massimo.

Sistemi basati sulla curva di carico dell'officina. — Ad ogni modo è sulla nozione della curva di carico dell'officina che sono basati i nuovi metodi di tassazione che Brown chiamò i soli razionali. Gisbert Kapp è stato il primo che li ha divulgati: essi consistono nel far pagare due prezzi diversi a seconda delle ore in cui l'officina è più o meno caricata.

Per rendere applicabile questo tipo di tariffa, Kapp ha riconosciuto la necessità di installare due contatori presso ad ogni cliente, l'uno per segnare le unità a buon mercato, l'altro per quelle care. Kapp stesso ha poi ideato un commutatore di tempo che mette successivamente in servizio l'uno o l'altro dei detti apparecchi. Si capisce subito come questa soluzione sia molto complicata e costosa.

In seguito si idearono altri espedienti per togliere uno dei due contatori, ma ciò portava necessariamente altre complicazioni.

Si è provato così a disporre di un circuito per collegare gli induttori di tutti i contatori coll'officina in modo da poter dare più o meno forza elettromotrice a seconda delle ore; i contatori vengono a segnare un numero maggiore o minore di unità ogni qualvolta in

Digitized by Google

officina si eseguisce una data manovra: cosa questa che in Italia ispirerebbe pochissima fiducia e solleverebbe chi sa quali proteste.

Migliore è il sistema di provvedere ogni contatore di un orologio che inserisce od esclude delle resistenze aumentando o diminuendo il rapporto in cui la corrente è registrata.

In questi ultimi giorni è stato brevettato da G. E. L. Brown e J. L. Routin un altro mezzo per permettere l'adozione di questo tipo di tariffa. Ai contatori preesistenti, siano essi watt-metri, amperometri o semplicemente orari, si aggiunge una elettrocalamita che, col mezzo di una leva, agisce sull'asse principale dell'apparecchio integratore. Mediante un settore montato sull'asse stesso del misuratore, si ottiene che lo spostamento della leva, e quindi le indicazioni del quadrante, siano proporzionali al consumo di energia, di corrente, o al numero delle ore in cui gli apparecchi sono in circuito. L'elettromagnete è inserito tra uno dei fili della linea e la terra: dall'officina, mettendo in comunicazione colla terra una sorgente di energia continua o alternata a seconda che quella con cui si fa la distribuzione è invece alternata o continua, si permette all'elettromagnete di funzionare. Con ciò, se tra l'officina e l'utente vi è la continuità metallica del collegamento, cioè se non vi sono trasformatori, si evitano fili addizionali.

Questo espediente tuttavia non è molto semplice, e mi pare presenti due difetti capitali: l'uno è quello di rendere instabile la costante del misuratore coll'aggiunta di pezzi che importano attriti notevoli: l'altro, maggiore, di esporre l'apparecchio a funzionare continuamente non appena il filo di linea, che non dovrebbe essere utilizzato, venga posto, anche momentaneamente, a terra.

Teoricamente questo tipo di tariffa è senza dubbio il migliore: in pratica però presenta, a mio parere, degli svantaggi: primo, la complicazione del modo con cui può essere attuato: poi la variabilità dell'orario secondo il quale l'energia deve essere venduta a prezzi diversi. Poichè il carico massimo si sposta a seconda delle stagioni, bisognerebbe stabilire un orario che si modificasse a seconda dell'allungarsi o diminuire delle giornate, e cioè in modo quasi continuo.

Infine, mi pare che questo sistema finisce coll'essere troppo restrittivo. Si dice: non utilizzate la vostra luce nelle tali e tali ore perchè è troppo cara: se il cliente ne abbisogna proprio in quelle ore, finirà coll'adottare il gas. Al limite non avremo più, è vero, punte nel diagramma di carico, ma gli introiti dell'officina verranno anche complessivamente a diminuire. Ciò è ben diverso da quanto vedemmo col tipo Brighton col quale invece si dice: utilizzate pure

Digitized by Google

l'elettricità quando credete; soltanto se volete pagarla poco, meno del gas, utilizzatela a lungo, cioè ricorrete all'elettricità anche per quelle lampade per le quali, per ragioni di economia, avreste adoperato il gas: ciò che porta, non a togliere la punta del diagramma di carico, ma ad allargarla crescendo l'area del diagramma totale. È indubitato che il vendere l'energia a buon mercato alla mattina, per esempio, faciliterà il collegare quelle lampade che hanno bisogno di essere accese a quell'ora; ma quante saranno? Le lampade che devono stare accese di giorno sono poche; e per forza motrice si possono adottare delle tariffe speciali, come diremo, senza legarci ad un sistema che reca tali complicazioni.

Tariffa per forza motrice sulla rete della illuminazione. — Come temperamento, infatti, in molte stazioni generatrici si è stabilita una tariffa ridotta per la forza. Wright disapprova questa idea dicendo che si tende a far pagare le spese fisse solo alle lampade, mentre i motori non pagherebbero che le proprie spese proporzionali; ciò che a Wright pare un'ingiustizia. Ma, prima di tutto, pure ammettendo una tariffa ridotta per i motori, si può stabilirla in modo che una parte delle spese fisse venga sopportata anche da loro: in secondo luogo c'è una questione che direi pregiudiziale. Se concediamo una tariffa ridotta, troveremo clienti; ma se pretendiamo di prendere lo stesso compenso che per la luce, di motori che utilizzino l'elettricità non ne troveremo sicuro. Sarà bene tuttavia di non concedere i prezzi ridotti agli elevatori che consumano l'energia solo saltuariamente ed anche di sera, quando c'è già il carico massimo della luce. Questa esclusione si può ottenere obbligando i clienti di forza motrice a pagare un canone minimo a cui gli ascensori non potrebbero sobbarcarsi.

In massima credo che l'avere collegati alla propria rete anche dei motori, può tornare di vantaggio alla Società, appunto in quanto ciò permette di utilizzare macchinario e condotture in ore in cui sarebbero inattivi, cioè in cui gli introiti non devono far fronte che ad una parte delle spese.

Con quanto ho detto sulla piccola importanza relativa delle spese proporzionali mi basta presentare due diagrammi di carico giornaliero di officina per dimostrare quanta parte di essa potrebbe venire impiegata per le applicazioni dell'elettricità.

Ho scelto due diagrammi di carico dell'officina di Santa Radegonda della Società Edison (Milano) (vedi diagramma III): l'uno per quel giorno dell'anno 1897 in cui la produzione giornaliera fu massima: l'altro invece per quello di produzione minima. Le differenze

Digitized by Google

fra i due diagrammi, e, nello stesso diagramma, fra i carichi delle diverse ore, sono una conferma di tutto quanto ho detto fin qui sulle condizioni speciali alla produzione dell'energia elettrica per luce.

Il pubblico non capisce tale differenza di trattamento e si meraviglia che le società vendano a due prezzi diversissimi la stessa energia, a seconda dell'uso che se ne fa, mentre, a suo giudizio, il diverso modo di utilizzazione non può alterare il costo di produzione.

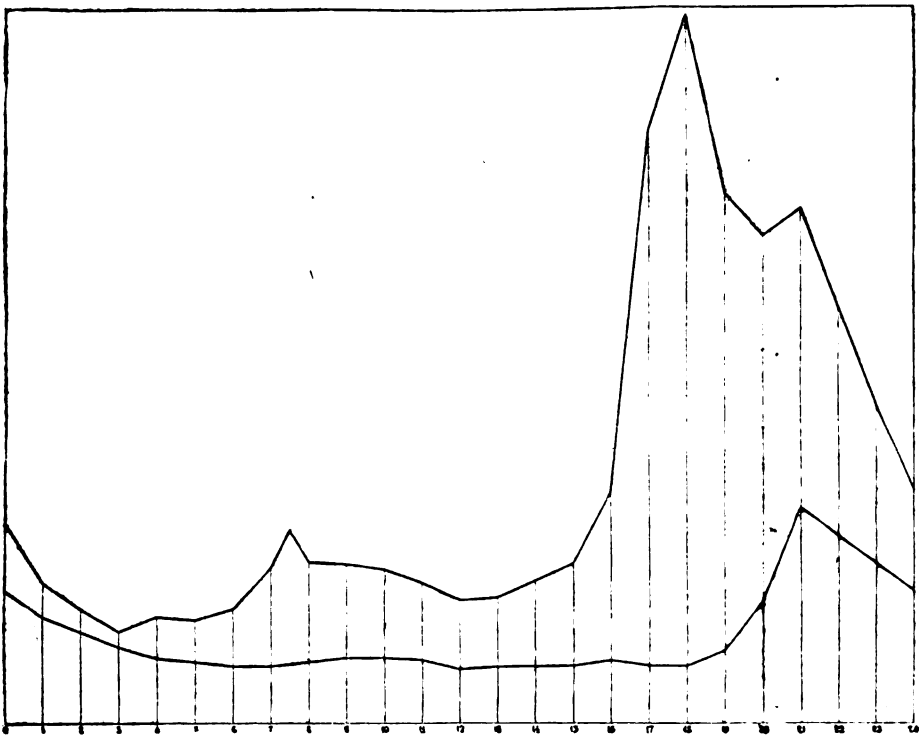


DIAGRAMMA III.

Tutt'al più esso si spiega questo modo di procedere per analogia con quello per cui molti industriali che hanno officine di costruzioni o stabilimenti manifatturieri vendono per l'esportazione a prezzi molto bassi, considerando che questa produzione addizionale non è gravata da molte spese, per esempio delle spese generali.

Ma per l'elettricità, come ho detto, non è solo questione di apprezzamento, è una questione di fatto: la energia prodotta per forza motrice essendo utilizzata per molte ore e di giorno, costa meno di quella prodotta per luce. Questo sistema misto di tassazione è adottato su vasta scala a New York dove sono installati sulla rete del-

Digitized by Google

l'illuminazione privata motori per 14 mila cavalli, e dove si ha per luce la tariffa di 20 centesimi di dollaro e per forza quella di centesimi 10 con sconti variabili dal 10 al 50 % a seconda dell'importanza del consumo.

A Norimberga (7 Pf. l'ettowatt per illuminazione e 2 Pf. per forza motrice).
A Stoccarda (7 Pf. l'ettowatt per illuminazione e 2 Pf. per forza motrice).
A Francoforte (8 Pf. l'ettowatt per illuminazione e 2 Pf. per forza motrice).
A Milano (10 cent. l'ettowatt per illuminazione e 5 cent. per forza motrice).

In alcuni casi speciali poi, come per la Edison di Milano, vi è anche un altro scopo da raggiungersi: quello di iniziare gradualmente l'uso dell'energia elettrica per forza motrice, in modo che nello spirito degli industriali entri a poco a poco la persuasione che questo sistema può avere, sugli altri, indiscutibili vantaggi; cosicchè, qualora la Società stessa si metta in grado di esercitare su vasta scala e con mezzi appositamente intesi a questo scopo, l'industria della distribuzione e vendita dell'energia elettrica anche per forza, non trovi il terreno del tutto impreparato, e diminuisca quindi il periodo di prova.

Tariffe per sola forza motrice. — Appositamente non ho parlato fin qui che delle società le quali sono costituite collo scopo precipuo di esercitare l'illuminazione. Quelle che anno invece come principale obiettivo la distribuzione dell'energia elettrica per forza motrice, applicano, nella scelta delle proprie tariffe, dei criteri assolutamente diversi.

Qui la divisione delle spese fisse e delle proporzionali ha minore importanza, poichè, dato il numero grande di ore in cui la forza viene utilizzata, la quota di spese fisse che grava sull'ora di consumo viene ad essere di per se stessa molto ridotta. Inoltre, quasi tutti i clienti utilizzeranno già l'energia per 10 o 12 ore al giorno, per cui non c'è modo, con delle facilitazioni speciali, di spingerli ad utilizzarla più: solo si potrà con delle riduzioni forti per il consumo che si verifica nelle ore notturne, creare una condizione molto favorevole a quelle industrie che potrebbero goderne e che, incoraggiate dalla mitezza dei prezzi, verranno a porsi nel raggio d'azione dell'officina di distribuzione (cartiere, molini, carica di accumulatori).

Per forza motrice si potrà benissimo adottare il *forfait* in quei casi in cui l'orario di utilizzazione è normale e facilmente controllabile: ciò torna comodo agli industriali che sanno di poter far calcolo su di un preventivo di spesa sicuro, e non reca danno alla società esercente, essendo poco probabile l'abuso.

L'adozione dell'energia elettrica per forza motrice, a preferenza del gas e del vapore, sarà facilitata dai molti vantaggi che essa pre-

Digitized by Google

senta: minor spazio occupato, mancanza di fumo, di rumore e di oscillazioni, in causa dell'assenza di organi a moto alternativo; maggior pulizia; possibilità di abolire le trasmissioni; maggiore elasticità di impianto.

Ma non bisogna dimenticare che, più di ogni altro elemento, quello dell'economia, guida l'industriale nella scelta del proprio tipo di forza motrice. Sarà quindi necessario di farsi un'idea esatta dei prezzi ai quali è possibile avere la forza col gas o col vapore nella zona dove si intende fare la distribuzione; e stabilire una scala di prezzi possibilmente al disotto di quelli indicati da tali ricerche. Avremo così delle condizioni di vendita molto diverse a seconda che si tratta di grandi o piccoli impianti; ciò non è razionale dal punto di vista del costo di produzione che è eguale, ma è necessario affinchè l'impresa possa presentare, nel suo complesso, un' equa rimunerazione del capitale impiegato.

Valendomi di molti dati fornitimi da industriali di Milano e dintorni, ho costruito una curva (diagramma IV) del costo della forza motrice prodotta a gas o a vapore, per motori delle diverse potenze, e per 3300 ore annue.

In tale ricerca ho tenuto conto di un tasso del 5 % per l'interesse del capitale impiegato come macchinario, ed uno del 7 % come ammortamento calcolato sempre sul valore primitivo.

La spesa per combustibile venne proporzionata alle diverse potenze dei motori e considerata naturalmente come risulta in un esercizio industriale, tenendo quindi conto del calo del carbone, della messa in pressione delle caldaie, ecc., e non quale si potrebbe ottenere durante un'esperienza di rendimento. Si tenne come dato medio degli ultimi anni il prezzo del carbone a L. 32 la tonnellata, mentre negli ultimi quindici anni esso variò a Milano da un minimo di L. 29 ad un massimo di L. 45,50 (1880). Si suppose di agire senza condensazione fino ai 20 cavalli, con condensazione per forze superiori. L'analisi pei motori a gas venne limitata a quelli di potenza inferiore ai 5 cavalli, per i quali era più evidente la convenienza della loro adozione: per questi ultimi si tenne come base il prezzo del gas a cent. 14 il mc.

Con riferimento agli stessi assi coordinati, ho segnato le curve dei prezzi praticati da alcune società che esercitano la produzione e vendita dell'energia elettrica per forza motrice (Lione-Wadenweil-Rathausen-Genova).

Delle tariffe per l'applicazione dell'elettricità al riscaldamento, è inutile parlare. L'idea di una tariffa di indole generale suppone la

Digitized by Google

possibilità di una concorrenza: ora noi sappiamo che il combustibile abbruciato in una stufa ordinaria dà un rendimento che si può valutare intorno al 30 %. Guardiamo invece a che cosa si riduce questo rendimento abbruciando il combustibile in una ordinaria caldaia a vapore per utilizzarlo poi di nuovo come calore dopo trasformato in elettricità. Mi basta di presentare, allo scopo, una tabella con l'indicazione dei rendimenti successivi.

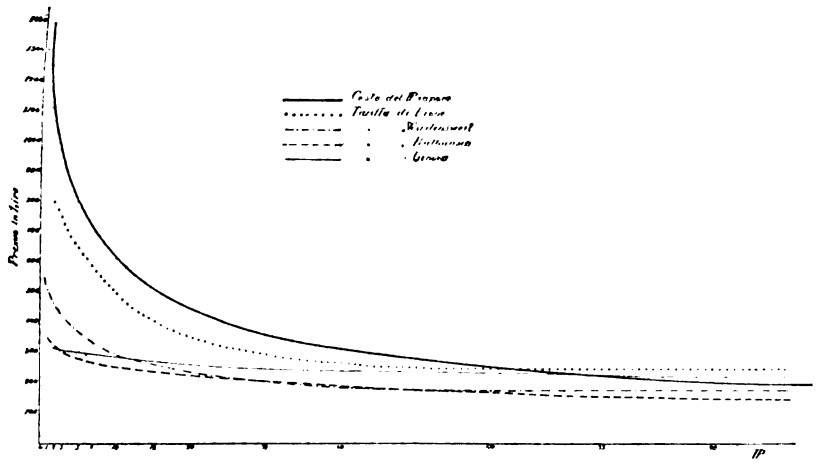


DIAGRAMMA IV.

Potenza calorifica del combustibile	100,—
» » alla uscita della caldaia 100 × 625	62,5
» indicata del motore: 62,5 moltiplicata per il rendimento delle condotte, moltiplicato per il rendimento teorico del motore 62,5 × 0,78 × 0,09	4,4
Potenza effettiva disponibile sull'albero del motore o della dinamo: prodotto di 4,4 per il rendimento organico del motore 4,4 × 0,82	3.62
Disponibile al quadro 3,62 per il rendimento della dinamo 3,62 × 0,92 .	3,33
Disponibile all'apparecchio di utilizzazione (rendimento della conduttura ed eventuali trasformazioni 0,92) 3,3 × 0,92	3,—

Gli apparecchi di riscaldamento sono i soli che utilizzano la totalità dell'energia elettrica richiesta, con un rendimento del 100 %; avremo quindi che essi rendono questi tre centesimi della potenza calorifera del combustibile, mentre in una stufa ordinaria tale rendimento è, come dicemmo, circa 10 volte maggiore.

Se pigliamo il gas come termine di confronto, abbiamo che un metro cubo nelle condizioni normali dà circa 5200 calorie; quante ne sarebbero date da 6 chilowatt-ora!

Siccome su queste basi una concorrenza nel prezzo non è possibile, si potrà anche per il riscaldamento adottare le stesse tariffe che

Digitized by Google

per la forza motrice, senza sperare peraltro che le due applicazioni abbiano la stessa fortuna; certo anche le stufe elettriche ed i fornelli e le cucine e i ferri da stirare, se non per l'economia, entreranno nell'uso per la loro comodità e contribuiranno, almeno in piccola parte, ad allargare i diagrammi di carico delle officine di produzione.

Riassumendo:

Come ho accennato nella discussione dei singoli sistemi, tutte le tariffe hanno avuto, per lo meno storicamente, la loro ragione, e parecchie di esse potrebbero tuttavia, in casi speciali, venire applicate vantaggiosamente per il migliore sviluppo delle imprese di elettricità; però quelle che in genere, principalmente in impianti nuovi, dove non si è legati ad alcuna tradizione, si presentano come più atte ad estendere l'uso della illuminazione elettrica facendo sì che il prezzo possa competere con quello del gas, sono le tariffe a scala mobile; come complemento della loro applicazione, è pure ben fatto praticare degli sconti ai forti consumatori.

È infine della massima importanza che gli ingegneri, scelto il tipo di tariffa che più credono atto allo sviluppo della loro officina, continuino collo stesso intendimento a studiare i modi con cui aumentare sempre più il coefficiente di utilizzazione dell'impianto, cercando all'uopo di vedere in quale classe è più vantaggioso trovare i nuovi abbonati e promuovendo quelle applicazioni diurne che valgano a crescere l'area dei diagrammi di carico.

Il pubblico ha per suo conto iniziato un felicissimo orientamento verso l'elettricità: esso, osservando gli splendidi risultati ottenuti, ha dissipato i dubbi concepiti dapprincipio; si è andato a mano a mano famigliarizzando colle applicazioni elettriche a ne apprezza sempre maggiormente i vantaggi.

Spetta ora agli ingegneri l'approfittare di tutto ciò: spetta ad essi l'aiutare ed il guidare questo felice orientamento meglio e più di quanto si sia fatto finora.

Digitized by Google

LE OFFICINE ELETTRICHE E LA TASSA SUI FABBRICATI.

LA LEGGE RIGUARDANTE LA TASSA SULL'ENERGIA ELETTRICA.

Nota dell' Ing. LORENZO GARRONE.

(Lettura fatta nella Sezione di Torino il 25 febbraio 1898.)

Egregi Colleghi,

Quando nell'ultima nostra riunione io accennavo alla utilità, anzi alla necessità che la nostra Associazione si occupasse delle questioni economiche e giuridiche, che interessano l' elettricità, francamente non credevo che il primo, obbligato ad interloquire in materia, fossi io.

La vastità degli argomenti e l'urgenza di svolgerli, richieggono quella elevatezza di mente e quella coltura profonda che io non ho. Pur tuttavia, non foss'altro che per dare esempio di buona volontà, mi sono lasciato indurre a trattare di due questioni, che in oggi turbano, o minacciano turbare l'andamento delle officine di produzione dell'energia elettrica; turbamento che avrà contraccolpo nell'industria, perchè là dove le applicazioni trovano incagli, la produzione industriale e la scienza, che le è madre, ne risentono.

Ed entrando senz'altro in materia, accennerò ad una viva questione sorta testè tra la R. Finanza ed un'officina elettrica, a proposito dell'interpretazione dell'art. 7 della legge 11 luglio 1889, concernente la revisione sui redditi dei fabbricati.

Voi sapete a quali polemiche d' ordine generale ha dato luogo quella legge, e come duramente ne sia stata colpita la nostra Torino; come una viva agitazione non solo sussista tuttora, ma aumenti fra i proprietari di stabili; come violenti sieno state le polemiche e proteste nell'ultimo Congresso di Napoli; come vi sia quasi la minaccia di uno sciopero dei padroni di casa. A pochi elettricisti è dato di

Digitized by Google

possedere case: ma pur tuttavia essi arrischiano di venir colpiti nelle loro officine, ed è doveroso mettere gli interessati in sull'attenti, vigilando senza interruzione.

L'art. 7 della legge suaccennata così suona:

Nell'accertamento del reddito degli opifici debbono considerarsi come parti integranti dei medesimi i generatori della forza motrice, i meccanismi ed apparecchi che servono a trasmettere la forza motrice stessa quando siano connessi od incorporati nel fabbricato.

Non sono da considerarsi come tali le trasmissioni e le macchine lavoratrici.

Per stabilire la tassa dei fabbricati quando questi non sono locati, e quindi non vi è un dato certo sul reddito che danno, la Finanza fa stimare dai propri tecnici il valore materiale dell'edifizio e poi lo suppone capace di un reddito del 5 % dell'ammontare, ed in base a questa risultanza applica la tassa.

Con questi criteri applicò ad alcuni Gazometri la tassa fabbricati, considerando come stabili, non solo gli edifizi che contenevano l'officina, ma anche le storte, le campane, le tubazioni interne e quelle esterne, e mi risulta che in giudizio convenuta dai colpiti fu vittoriosa.

Per analogia vorrebbe ora applicare il principio alle officine elettriche, e vi potete immaginare la portata del disastro quando simile principio trionfasse. Vi basti il dire che molte officine avrebbero capitali ingenti colpiti da reddito, mentre questi capitali sono infruttuosi, per non dire che stanno sfumando, pel passivo dell'esercizio.

Le officine elettriche possono sopportare tasse di Ricchezza Mobile perchè è facile il ridurla quando non vi sono redditi; non potrebbero sopportare la tassa applicata al capitale sotto forma di stabili, perchè essa è assoluta ed in alcuni casi raggiunge delle percentuali che vanno al 40 % del reddito presunto; mentre per quanto dura sia la Ricchezza mobile, colle deduzioni annesse alla categoria *B* e... con altre risorse, raramente si raggiunge il 10 %.

Immaginate che si considerassero come stabili le dinamo, i cavi, i candelabri e le mensole delle aziende di Torino, Milano, Roma e Napoli.

Tale analogia col gaz non sussiste ed è inutile che io spenda parole a voi per dimostrarlo.

Ma indipendentemente anche dalla mancanza di analogia, è falsa per sè stessa l'interpretazione, che si vuol dare a quell'articolo nei rapporti elettrotecnici.

L'art. 7° dice che nell'accertamento del reddito degli opifizi debbono considerarsi come parti integranti dei medesimi i generatori della forza motrice.

Digitized by Google

Ora le dinamo non sono generatori della forza motrice, ma semplicemente di quella trasformatori.

La legge dice ancora che debbono essere colpiti da tassa (e cioè essere parte integrante degli opifici) i meccanismi ed apparecchi che servono a trasmettere la forza motrice. Ora, nel caso di officine per la produzione della luce, le dinamo non servono certamente da trasmissioni di forza motrice.

Potrebbero essere colpiti i motori elettrici, ma la legge provvede subito col dire: che per essere colpiti bisogna che i meccanismi ed apparecchi, che servono a trasmettere la forza motrice, siano connessi od incorporati col fabbricato, non solo, ma immediatamente nel seguente capoverso dall'articolo, dice che non sono da considerarsi come tali e cioè come meccanismi ed apparecchi, che servono a trasmettere la forza motrice, ancorchè connessi od incorporati al fabbricato le *trasmissioni e le macchine lavoratrici.*

Questo capoverso, rettamente interpretato, deve salvare le officine elettriche.

Viene subito ovvia la domanda: Nell'esercizio dell'officina elettrica che la legge colpisce sempre con tassa di R. M., quali sono le macchine lavoratrici?

O sopprimete per le dette officine le tasse di R. M., o convenite che le macchine lavoratrici sono per noi le dinamo, i fili e i loro accessori. Una conclusione differente crea in diritto la più grande confusione fra enti che la legge ha distinto. E ben lo disse chi il 13 gennaio 1890, trattando della revisione dei fabbricati, si esprimeva così:

" Primo ed essenziale fra i criteri (ben definiti dalla legge) è " quello di non confondere il reddito industriale che è il prodotto " dei meccanismi, quali essi siano, col reddito del fabbricato; di non " investigare cioè, quale sia il prodotto, che possa ritrarsi dalle " macchine, quale il loro reddito industriale; poichè ciò fa parte " dell'estimazione del reddito soggetta alla imposta di ricchezza mo- " bile, dovendosi considerare l'opificio come tale soltanto, senza aver " riguardo all'industria, che con quei meccanismi ed apparecchi si " esercita.

" Sono da comprendersi le forze motrici e gli apparecchi tras- " mettitori del moto. Sono invece da escludersi le trasmissioni e le " macchine lavoratrici. „

Così scriveva... il Ministro delle finanze di quell'epoca.

Lo ricordino coloro che si trovassero vittime di altri criteri.

Digitized by Google

*
* *

Abbiamo sinora discorso di un incidente, di un pericolo. Parliamo ora di un fatto compiuto, intorno al quale si sollevano le più alte lagnanze.

Io intendo accennare alla legge 8 agosto 1895 riguardante la tassa sull'energia elettrica a scopo di illuminazione e di riscaldamento.

Unica forse al mondo, l'Italia ha il privilegio di questa tassa ed unica è forse anche al mondo l'attitudine a pagare tasse nei nostri concittadini, i quali ne hanno anche il privilegio dell'invenzione, tantochè non di rado si sente in amichevoli colloquii proporre, suggerire quali cose si potrebbero ancora tassare.

La minaccia di quell'imposta diede luogo a vivo fermento. Ricordo una imponente riunione di future vittime a Milano, riunione che si chiuse con un bellissimo... ordine del giorno, e la nomina di una Commissione della quale feci parte. Ricordo un opuscolo dovuto all'ingegno vivace di chi ci presiede... Ricordo che tutti gli sforzi purtroppo furono vani e che, sempre per la simmetria artistica che ci governa anche nei balzelli, si tassò per fare il paio col gaz, non solo la luce, ma anche il riscaldamento elettrico, pel quale l'erario incassa in tutta Italia quasi mille lire!...

Quella legge, votata per dura necessità di finanza, fu preparata con rapidità e porta con sè tutti gli elementi, tutti i difetti delle opere frettolosamente compiute.

Su di essa è dovere di richiamare l'attenzione del nostro Istituto affinchè rivedendola, studiandola coscienziosamente proponga al legislatore, quelle modificazioni, che pur salvaguardando gli interessi del pubblico erario, tolgano gli equivoci, le anomalie e le vessazioni e facilitino, anzichè intralciare, l'opera degli installatori, senza formare la costante preoccupazione di chi ha altri pensieri ed ha diritto di veder allontanata quella spada di Damocle, che sono le multe colossali e le procedure anormali, il pericolo permanente di sborso di somme e di cause penali.

La buona volontà di molti funzionari, veri gentiluomini, fra i quali contiamo colleghi ed amici ed anche soci cari, può aver reso molte volte meno dura l'applicazione della legge; ma le leggi devono essere chiare e pratiche e quella riguardante la tassa sull'energia elettrica non lo è.

Digitized by Google

Non lo è perchè è impossibile in moltissimi casi l'accertamento dell'energia effettivamente utilizzata dai consumatori.

In molti piccoli impianti si trovano sugli stessi circuiti i pubblici servizi esenti di tasse, ed i privati colpiti. Questi circuiti presentano in generale resistenze e perdite rilevanti. Il funzionario molte volte adotta la lettura diretta degli strumenti dell'officina, che non sono in relazione colle denuncie del conduttore ed applica multe. Se il conduttore accetta quel sistema paga il 25 al 30 % dell'incasso, invece del 5 al 10 % che dovrebbe soltanto pagare, e non può rivalersi, come dice l'art. 2 della legge col consumatore.

Altra ingiustizia di questa legge è quella che concerne i contratti *à forfait*, nei quali la Finanza assume sempre una media di consumo massima ed un massimo di energia in Watt per candela, tantochè quasi tutte le officine stabilite in Comuni inferiori ai diecimila abitanti pagano il massimo, o quasi, di quanto prescrive l'art. 4 della legge, e cioè 30 centesimi per candela e per un anno.

La divisione degli utenti per Comuni di vario numero di abitanti è veramente illogica ed ingiusta. Vi sono dei Comuni di quattromila abitanti, vere piccole città, ricche, capo-luoghi di circondario, sede di guarnigioni militari, con tribunali, uffici, industrie, ecc., pei quali la luce elettrica trova buon impiego e rimunerativo; mentre vi sono agglomerazioni di contadini, come nelle provincie meridionali, pei quali la tassa applicata coi criteri dei grandi centri rende impossibile l'esercizio di un'officina. Dovrebbesi parlare di *centri abitati*, o di *centri nei quali si estende la rete di illuminazione e non di Comuni.*

Vi è ingiustizia stridente nella parificazione delle tasse; è giusto che la luce sia colpita a Torino, nei suoi grandi palazzi, nei suoi lucrosi esercizi, nei suoi teatri, nello stesso modo che è colpita in un casolare delle Alpi?

È fuori di luogo che le licenze (art. 6) valgano per l'anno solare. Incominciando l'esercizio di un'officina in ottobre, o novembre, o dicembre, a gennaio si è obbligati a rinnovarla.

Curiosa è poi l'interpretazione che in alcuni uffizi si dà alla tassa di licenza, e ciò pel modo incompleto col quale ne sono enunciate le modalità. Alcuni uffizi volevano che chi aveva impiantata un'officina

Digitized by Google

per proprio consumo (art. 6 della legge) pagasse un canone di 50, 75 ed anche 100 lire annue, perchè lo stabilimento era in Comuni superiori a 10, 15 e 50 mila abitanti.

Ed è anche ingiusto per l'art. 2 del regolamento che, pur possedendo un numero più grande di officine di quello che occorre, si sia obbligati a pagare licenza per quelle che normalmente non sono esercite, o tutt'al più in casi rarissimi e speciali, sono utilizzate come riserva.

Bellissima per l'applicazione dell'art. 7 la posa dei sigilli ai serrafili delle dinamo, come se non fosse possibile distrarre, nonostante quelli, parte della corrente, senza farla passare al quadro.

Le contravvenzioni gravissime meritano una speciale attenzione. In materia nella quale per la mancanza dei criteri direttivi dell'Amministrazione è tanto facile cadere in contravvenzioni, quelle penalità di mille lire sono assolutamente barbare, insostenibili.

Non vi parlerò poi, fra le altre miserie, delle delizie di chi deve sostenere la parte in un contenzioso arbitrale previsto dal regolamento. Vi basti il sapere che in uno di questi giudizi arbitrali si pretendeva per le spese un deposito di Lire ottocento, ed i giudici abitavano in paese!

L'anticipazione di due mesi di canone ha dato luogo a curiosi incidenti: fra gli altri un mio amico, per non tenere a memoria date ad evitarsi disturbi, pagò un anno anticipato. Trascorsi dieci mesi e due giorni si vide minacciato di multa perchè... non era più in regola col bimestre di canone anticipato!

Anche il metodo di riscossione della tassa che ha luogo con le forme stabilite per la tassa sugli spiriti, merita serio esame e riforma.

Ma io non mi dilungherò di più.

Questi semplici accenni e molti altri che io e voi potremmo aggiungere bastano a convincere che questa legge va riveduta, corretta e perfezionata, e concludendo, io sarò lieto se la Sezione di Torino vorrà farsi iniziatrice di studi in proposito e non solo su questo argomento, ma su tutti gli altri che interessano l'economia e la giurisprudenza delle applicazioni elettriche.

Digitized by Google

Difettosa è la legge sulle trasmissioni a distanza. Vi sarebbe da discorrere per parecchio tempo.

Anche la stessa legge sui pesi e misure ha dato dei grattacapi agli elettricisti:

Un conduttore di officina elettrica fu inscritto in una delle tante categorie di utenti di pesi e misure, ma in buona fede egli, non sapendo che cosa doveva far bollare, non si presentava mai alla visita periodica: indi periodicamente cadeva in contravvenzione. Egli aveva bensì dei voltometri e degli amperometri, ma per questi non si faceva luogo a bollatura di sorta, eppure il verificatore sosteneva che su qualche cosa doveva imprimere il segno della legge. Finalmente comperò un metro da 4 soldi, anche non avendone bisogno, lo portò periodicamente al bollo del verificatore e d'allora in poi scansò ogni contravvenzione... l'officina era in piena regola.

Nuove leggi si minacciano contro gli esportatori dell'energia di quelle cascate d'acqua, la cui utilizzazione sarà la redenzione industriale d'Italia. Ho visto che Deputati stanno lavorando in questo senso. Vogliono che si fondino opifizi lontani dai centri popolati, fra le balze dei monti dei loro Collegi, dove non c'è comodità di accesso nè di altro e che le pianure... vadano in Inghilterra a comperare carbone.

Ed anche questo passerà, sarà sanzionato in un paese, dove l'apatia regna sovrana, se l'Associazione non interverrà vigorosamente.

Egregi Soci,

Vi ho, pur malamente, additato un alto compito.

Qui dove gli allievi di Galileo Ferraris continuano ad illustrarne la cattedra ed i laboratori e ne applicano fortemente le teorie, procuriamo di distinguerci, segnalando ai colleghi la via per la quale queste applicazioni siano fonte di comodità, di benessere economico e di ricchezza alla Patria.

Digitized by Google

DESCRIZIONE
DELL'IMPIANTO AD ALTO POTENZIALE
ED
ACCUMULATORI PER L'ILLUMINAZIONE ELETTRICA E LA DISTRIBUZIONE DI FORZA MOTRICE
NELLA CITTÀ DI NAPOLI.

Nota dell'Ing. M. BONGHI.

(Comunicazione fatta alla Sezione di Napoli il 15 aprile 1898.)

La Stazione centrale è situata a Piazza Cavour N. 44 in un locale della Santa Casa degl'Incurabili. Vi sono impiantate N. 5 caldaie inesplodibili complessivamente di 1000 mq. di superficie, munite di tutti gli apparecchi ed accessori per l'alimentazione. La forza effettiva complessiva dei motori a vapore è di 1160 HP generata da motori di diversissimi tipi, monocilindri, tandem, a grande e piccola velocità, senza condensazione. Ciascun motore è collegato direttamente o per mezzo di cinghia con le dinamo. Le dinamo sono ad alto potenziale funzionanti fra 500 e 800 volt con eccitatrici speciali; eventualmente possono essere eccitate anche con alcune dinamo a basso potenziale che si trovano nella Stazione e servono per l'alimentazione d'una rete poco estesa a tre conduttori per la Stazione stessa e le sue vicinanze.

Le dinamo ad alto potenziale possono essere disposte in parallelo su ciascuno dei tre circuiti a due conduttori, che vanno ad alimentare tre sottostazioni di accumulatori, situate: una a Piazza Depretis distante circa 1200 metri dalla Stazione centrale; un'altra alla Galleria Umberto I distante circa 2200 metri, e la terza alla Torretta distante circa 4200 metri. Ogni sotto-stazione di accumulatori comprende parecchi gruppi o batterie di accumulatori, come segue:

Sotto-stazione Piazza Depretis.

N. 8 gruppi da 70 elementi ciascuno, tipo 15 L. Electrical Power Storage.

N. 2 gruppi da 70 elementi ciascuno tipo *C* XIV Tudor.

Digitized by Google

Sotto-stazione Galleria Umberto I.

N. 4 gruppi da 70 elementi ciascuno, tipo *C* 14 Tudor.
N. 12 gruppi da 70 elementi ciascuno, tipo *C* 9 Tudor.

Sotto-stazione Torretta.

N. 8 gruppi da 70 elementi ciascuno, tipo 15 L. E. P. S.

In ciascuna sottostazione quattro di questi gruppi sono disposti in serie in modo da formare quattro sezioni separate e gli altri gruppi possono essere messi in parallelo su quelli d'ogni sezione, mediante speciali apparecchi di commutazione. Tali sotto-stazioni sono collegate mediante condutture primarie a due conduttori con la stazione centrale generatrice, e possono essere alimentate separatamente o in parallelo fra loro. Da ciascuna delle sotto-stazioni di accumulatori vengono alimentate attualmente due reti distinte a tre conduttori (volt 110 × 2), per gli abbonati di luce; solo alcuni impianti maggiori, quali il Teatro San Carlo, con circa 2500 lampade di varia intensità, sono direttamente alimentati con rete a cinque conduttori: ma a seconda delle condizioni locali potrebbero usarsi quattro reti a due conduttori, od una sola a cinque.

Le due reti a tre conduttori alimentati da ciascuna sotto-stazione hanno ognuna un raggio massimo di 1500 metri, e ne viene quindi che gli utenti più lontani dalla Stazione centrale trovansi attualmente a circa 5700 metri.

Il potenziale della rete primaria all'arrivo alle sotto-stazioni varia da 400 a 550 volt a seconda del potenziale di partenza degli alimentatori delle reti a tre conduttori: solo per sopracariche eventuali si arriva a 750 volt.

Alla carica degli elementi degl'intercalatori provvede un trasformatore rotativo locale, il quale permette anche durante il massimo consumo di eguagliare l'erogazione nelle diverse sezioni in relazione alla corrente fornita dalla Stazione centrale. Aggiungendo la perdita della conduttura primaria dalla Stazione centrale alla sotto-stazione accumulatori, calcolata dal 3 al 5 % a fine carica, si ha il potenziale massimo di stazione che varia da 500 a 800.

Le lampade ad arco per la illuminazione pubblica sono poste in serie di dieci sulla conduttura primaria nelle sotto-stazioni, e il servizio di accendimento e spegnimento viene naturalmente eseguito dalle

Digitized by Google

stesse sotto-stazioni. Attualmente le lampade ad arco per illuminazione pubblica sono circa 130 da 10 Ampère poste sul Corso Re d'Italia, nella Galleria Umberto I e nella Galleria Principe di Napoli, e 10 lampade da 25 Ampère nelle piazze S. Ferdinando, Plebiscito, Municipio, Dante; è disposto un aumento di 16 lampade da 4 Ampère per la Grotta di Posillipo che verrà alimentato dalla sotto-stazione della Torretta; le lampade private sono circa 40000 ragguagliate a lampade di 16 candele.

Per la distribuzione di forza motrice, sia per motori che per tramvie, sono previste delle reti speciali a 250 e 500 volt in partenza dalle sotto-stazioni o dalla Stazione centrale di Piazza Cavour; ed anzi è in corso di esecuzione l'impianto in quest'ultima stazione per le linee tramviarie Torretta-Museo e Museo-Vomero con una batteria d'accumulatori di compensazione.

La corrente primaria proveniente dalle dinamo serve all'alimentazione dei circuiti degli utenti in unione con la corrente di scarica delle batterie, o provvede alla carica di esse contemporaneamente o separatamente dalla scarica: ciò dipende dalle esigenze del servizio. Però si procura che la corrente sviluppata dalle dinamo sia sempre la massima che possono sviluppare, in maniera che il materiale meccanico ed elettrico lavori il più possibile costantemente a pieno carico: per far fronte ad un consumo maggiore nelle diverse parti della rete di distribuzione o per utilizzare tutta la corrente prodotta in un dato momento dalle dinamo in funzione, in ogni sezione possono esser disposte un numero diverso di batterie in parallelo, col quale artifizio si può avere il regime più conveniente di carica e scarica in relazione all'erogazione di corrente per gli abbonati; cioè, o le batterie assorbiscono, col caricarsi, la maggior corrente prodotta dalle dinamo in moto, o concorrono con la corrente delle dinamo alla maggiore erogazione sulla rete in quella data sezione. Tutto ciò si ottiene con l'aiuto di appositi commutatori molto semplici, che permettono:

1.° di provvedere al servizio di distribuzione unitamente con la corrente delle dinamo e degli accumulatori;

2.° di inserire o togliere una batteria da una sezione;

3.° di escludere al bisogno una o più sezioni dal servizio;

4.° di caricare gli accumulatori in una sezione, indipendentemente dal servizio degli utenti, a cui provvedono allora altre batterie.

A modificare il potenziale in partenza in ogni sezione, ed a supplire alle variazioni della forza elettromotrice durante la scarica e carica, provvedono degli intercalatori di elementi, a seconda dei casi, semplici o doppi, automatici o no, coi quali viene mantenuto costante

Digitized by Google

il potenziale al centro delle reti nei diversi stadi di regime, indipendentemente per ogni rete a tre conduttori e per ogni lato della stessa: alcuni alimentatori sono muniti di regolatori a resistenze automatiche.

I risultati economici dell'esercizio sono soddisfacenti e, incluse tutte le perdite, l'energia venduta è fra il 65 e il 70 % della prodotta. Notevole è l'economia del combustibile e del materiale di consumo per il funzionamento a pieno carico intero dei motori a vapore e la buona utilizzazione dell'impianto e del personale di officina. Difatti nonostante le speciali e sfavorevoli condizioni del macchinario, il consumo di carbone per chilowatt è inferiore a chg. 2,80 e sono in proporzione i consumi d'olio e di materiali accessori.

Il ricambio delle lastre positive d'accumulatori si è mantenuto, in valore, al disotto del premio che usano prendere le case fornitrici, per l'assicurazione delle stesse. Il ricambio delle lastre positive Tudor ha avuto luogo in media ogni cinque anni, e quello delle lastre E. P. S. ogni tre anni al massimo; ed effettuato il ricambio le condizioni delle batterie sono ritornate normali.

La perdita degli alimentatori varia dai 15 ai 20 volt al massimo. I motori e le dinamo della Stazione centrale funzionano dalle 12 alle 16 ore al giorno a pieno carico, ed il servizio di distribuzione d'energia elettrica è continuo notte e giorno per mezzo degli accumulatori.

L'impianto è stato ideato, progettato ed eseguito nell'anno 1889-90 dall'autore di questa comunicazione e nello stesso anno brevettato in Italia dalla Società: dopo il nostro ne sono sorti molti simili a tre e cinque condutture in diverse città d'Europa e d'Italia.

Attualmente è in corso il progetto per l'ampliamento dell'impianto stesso.

Digitized by Google

DISTRIBUZIONE AD ALTO POTENZIALE
con accumulatori per illuminazione e forza motrice

Distribuzione di forza motrice

Sotto Stazione
PIAZZA DEPRETIS

Sotto Stazione
GALLERIA UMBERTO I

Sotto Stazione
TORRETTA

Distribuzione di forza motrice

Leggenda

- d dinamo eccitatrici
- D dinamo ad alto potenziale
- R reostati
- V voltometri
- A amperometri
- i interruttori
- C commutatori
- I inseritori
- B batterie di accumulatori
- v valvole di sicurezza

Digitized by Google

Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO

Nota dell'Ing. G. SEMENZA.

(Lettura fatta nella Sezione di Milano il 4 febbraio 1898.)

L'impianto di Paderno diventa fatto compiuto in un tempo in cui la trasmissione elettrica dell'energia è già una conquista assodata e riconosciuta, esso sorge uno di più fra tanti già felicemente in funzione, fra cento che si affrettano al compimento.

Epperò il giorno in cui l'energia delle rapide dell'Adda arriverà per la prima volta nella nostra città, affermazione indiscutibile del successo tecnico dell'impresa, sarà un giorno di festa per l'industria e per la scienza.

Perchè voi, noi tutti ci siamo un po' affezionati a quest'opera di cui abbiamo udito con entusiasmo le prime manifestazioni, che abbiamo con interesse seguito nel suo sviluppo: e da cui speriamo risulti un utile vero e pratico per la nostra città.

E poi per quanto le trasmissioni di energia sieno diventate comuni, tanto che ne son pieni a noia i giornali scientifici, per quanto sieno entrate nella categoria delle cose di cui si parla come della più naturale impresa di questo mondo, per noi che ci viviamo vicino, che facciamo dei fenomeni elettrici l'occupazione prediletta dell'intelligenza, presentano sempre un interesse vivissimo, contengono sempre qualcosa di nuovo che attrae e, direi quasi, ci meraviglia.

Quando io penso infatti alle numerose trasformazioni che l'energia, contenuta allo stato potenziale nelle acque dell'Adda, deve subire per giungere fino alle macchine operatrici delle officine, fino alla miriade di lampade sparse nelle case, nelle vie, fino ai motori dei carrozzoni di tram, e cerco figurarmi il meccanismo intimo e ignoto di queste trasformazioni, io provo un senso di stupore ancor fresco e vivo come quello che ci perturba le prime volte che indaghiamo i problemi misteriosi della natura.

L'acqua, che sotto l'azione della gravitazione spinge le palette delle turbine, le variazioni magnetiche che nelle dinamo suscitano le

Digitized by Google

onde elettriche dell'etere, i fili che attraverso la campagna, guidano queste con rapidità inconcepibile, l'azione dei trasformatori dei motori delle lampade, tutto questo che noi sappiamo dirigere, regolare, misurare, tutto ci presenta una serie mirabile di fenomeni e di misteri dinnanzi ai quali la mente nostra s'affatica invano.

Ho detto che l'impianto di Paderno diventa opera compiuta dopo tanti altri che già lo precedettero: non bisogna però dimenticare che, non dirò nel 1889 quando la Società Edison comperò la concessione, ma il giorno in cui furono iniziati gli studi ed anche in quello in cui fu dato il primo colpo di piccone, esso era ancora senza precedenti. Vi erano bensì impianti di maggior potenza, ma con trasmissioni di energia a minor distanza: v'erano trasmissioni assai più lunghe ma di poche centinaia di cavalli: non esisteva ancora un impianto col quale si trasmettessero 13000 cavalli a 32 km. di distanza. Non esisteva, e forse non esiste nemmeno oggi, un altro impianto così complesso e suddiviso nella sua utilizzazione.

I sistemi polifasici non aveano allora ancora avuto la loro sanzione pratica, le alte tensioni erano soltanto nei progetti: molta incertezza esisteva su ogni punto del problema.

Per queste ragioni lo studio dell'impianto di Paderno fu uno dei più interessanti, e vorrei, nel parlarvene oggi, potervi dare un'idea chiara e completa di tutte le ragioni che, volta per volta, hanno determinato la scelta di ogni suo elemento.

Perchè ogni punto fu pensato e vagliato con quello spirito di prudenza e di incontentabilità che noi del vecchio mondo, a differenza dei nostri colleghi d'America, sogliamo portare nelle imprese nuove ed ardite. E con riconoscenza e venerazione ricordo qui che anche a questa impresa dedicò le sue cure il maestro nostro Galileo Ferraris, che oggi rimpiangiamo. Egli fu nostra guida nei punti più scabrosi e nel giorno del successo non dovremo dimenticare il suo nome.

Il tempo non mi permette però di dilungarmi troppo, per vostra fortuna, e mi soffermerò su quei punti specialmente, la cui discussione ancora oggi può essere di qualche interesse.

Quantunque intorno alla parte idraulica dell'impianto abbiano già i giornali tecnici pubblicato molte notizie, tuttavia credo sia utile di riassumere qui in poche parole le linee generali dei lavori che tanta importanza hanno nella riescita dell'impresa. Una esatta relazione ne verrà fra breve pubblicata dall'egregio sig. ing. Milani, che con tanta perizia e valore condusse felicemente a porto le opere da

Digitized by Google

lui stesso progettate: il suo nome resta legato all'impianto di Paderno insieme a quello dello sventurato ing. Carli che, con lui, gettò le prime basi dell'ardito progetto.

Poche centinaia di metri a Valle del famoso ponte di Paderno esisteva da circa due secoli la presa del Naviglio detto di Paderno, il cui scopo era quello di creare una via navigabile parallela alle rapide che non lo sono in nessun stato d'acqua.

La presa era costituita da una diga sommersa e da un paio di portoni che regolavano l'ammissione del Canale.

Fu un'idea felice quella di profittare di questo vecchio lavoro già esistente per facilitare il nuovo: ma per convogliare i 45 metri cubi d'acqua non era sufficiente nè l'altezza della diga, nè la sezione del canale. La diga venne quindi rifatta alla parte superiore e trasformata in una Poirée a cavalletti mobili, ribaltabili, ed il canale venne allargato da m. 9 a m. 13 in modo da poter convogliare i 45 metri cubi colla velocità di m. 1.37 al minuto secondo. — Questo allargamento è fatto per una lunghezza di m. 690, cioè per il primo tratto di Naviglio e fino alla località detta della Conchetta dove s'incontra la prima delle sette famose conche. — In questo punto, è l vera presa del nuovo canale, un edificio che lascia passare l'acqua per sei bocche munite di paratoie comandate a mano. — Pochi metri dopo, il canale, lasciando a sinistra il Naviglio che segue a mezza costa la pittoresca vallata dell'Adda, entra in una galleria di 105 metri da cui sbocca in una trincea profonda in media m. 8 lunga m. 230: segue una seconda galleria di 276 metri, una seconda trincea di 352 metri, ed infine l'ultima e più lunga delle gallerie che misura 1005 metri.

Sono dunque complessivamente m. 2268 di canale con una sezione di corpo d'acqua di m^2 16.80. L'acqua, per una portata di m^3 45 correrà quindi colla velocità di m. 2.70 al secondo.

L'ultima galleria sbocca in un punto della Valle dove le sponde, allontanandosi, si aprono in un'ampia conca: e dove il profilo del terreno mirabilmente si presta allo sviluppo delle opere d'utilizzazione della forza.

Un ampio bacino di carico raccoglie l'acqua che sbocca dalla galleria e lascia che gradualmente se ne rallenti il moto fino a passare sotto le paratoie e a immettersi nei tubi colla velocità di m. 1 circa.

A sinistra del bacino è la testa del gran sfioratore che deve esser capace di smaltire fino a 52 metri cubi d'acqua, ed ha forma di una

Digitized by Google

ciclopica scalinata alta 29 metri, larga 30 metri, dove la massa liquida, che lungo essa precipita, vien divisa e rotta per modo che la forza viva enorme che ha in sè, si sminuzzi e si spenga.

I tubi che adducono l'acqua alle turbine sono sette ed hanno il diametro di m. 2.10: sono in lamiera d'acciaio chiodata, dello spessore di 8 a 12 mm.

Essi s'adagiano sulla pendenza naturale del terreno per modo che son lunghi m. 65.70: alla cima una paratoia a comando elettrico ne può chiudere l'ammissione: in basso una valvola a farfalla può ostruire l'uscita dell'acqua verso la turbina.

Dalla turbina lo scarico ha luogo in un ampio bacino il quale però non mette direttamente nel fiume ma in un canale che è un prolungamento del Naviglio: perchè siccome il Naviglio ritorna nel fiume circa 600 metri a monte del punto dove avviene lo scarico delle turbine, in tempo di magra questo tratto di fiume rimarrebbe senz'acqua e ne sarebbe assai danneggiata, dicesi, la navigazione.

Il canale prolungamento del Naviglio mette nell'Adda circa 400 metri a valle del punto di scarico in una risvolta del fiume opportunamente scelta: e così torna all'Adda l'acqua che invece di consumare inutilmente l'energia sua a corrodere le roccie e a riscaldarsi, la trasmuta in altre forme strumenti di produzione e di prosperità.

La portata di magra è di m^3 45.

La caduta netta in tempo di magra è di m. 28.81: in tempo di massima piena essa si riduce a m. 24.86. Bisogna quindi, per avere in qualunque stato d'acqua la medesima potenza, aumentare la portata man mano che il salto diminuisce: e un calcolo assai semplice mostra che in tempo di massima piena bisogna aumentare la portata fino a m^3 52.258.

A questa portata massima sono infatti proporzionati tutto il canale e le opere accessorie, le turbine e lo scarico.

La potenza rappresentata da un volume d'acqua di 45 m^3 al secondo che cade di 28.81 metri è eguale a quella di 17300 HP che, con un rendimento del 75 % delle turbine, corrisponde a circa 13000 HP sviluppati dalle turbine stesse.

La divisione di questa potenza in unità generatrici venne fatta seguendo da una parte il criterio che coll'aumentare della potenza, la bontà e il rendimento delle macchine aumenta e dall'altra quello che il numero dei gruppi sia tale che il guastarsi di uno non rappresenti un disturbo troppo grande per l'esercizio.

Digitized by Google

Il dividere in sei parti la potenza totale, parve la miglior soluzione: ed il tipo d'unità fu fissato a 2160 HP, il che porta a sei gruppi in funzione ai quali venne aggiunto un settimo come riserva.

Data la grande variabilità del pelo di scarico, bisognava necessariamente ricorrere a turbine ad aspirazione, ed infatti il salto venne diviso in m. 22.87 che agiscono come pressione e m. 5.94 nel tempo di massima magra e m. 1.99 nel tempo di massima piena che agiscono come aspirazione sulle ruote delle turbine.

Con tale divisione si è potuto tenere il pavimento della sala delle macchine tutto al disopra del livello di massima piena, cosa che ha la sua importanza.

Come è noto la fornitura di queste turbine, che dopo quelle del Niagara sono le più potenti fino ad oggi costrutte, venne aggiudicata alla Ditta Riva Monneret e C. di Milano in seguito ad un concorso a cui presero parte le migliori Ditte costruttrici europee.

La turbina (vedi figura) è ad asse orizzontale, gemella a introduzione centripeta e a scarico assiale: la paletta ha quindi una superficie a curve alquanto complesse. — Come si è detto, è ad aspirazione e le ruote lavorano quindi sempre sommerse. — L'acqua arriva lateralmente in una camera cilindrica di lamiera d'acciaio del diametro di m. 3.30 che avviluppa il complesso dei distributori e delle ruote e trova il suo scarico nel tubo d'aspirazione ricavato nel calcestruzzo stesso della fondazione.

Come si può veder dal disegno, i supporti sono completamente esterni alle camere d'acqua, per modo che si possono con tutta facilità ispezionare durante la marcia.

L'otturatore di regolazione è una corona — facente parte del distributore: quando le venga comunicato uno spostamento rotativo, gli spessori stessi delle direttrici vengono ad otturare più o meno le luci d'ammissione. — Con questo sistema tutte le luci di ambo le ruote vengono otturate contemporaneamente, e la spinta sull'asse rimane sempre praticamente annullata.

Queste turbine fanno 180 giri al minuto primo e ciascuna può smaltire fino a 8700 litri al secondo. Il rendimento garantito dai costruttori è del 78 % sul valore metri cubi x per salto netto: quindi nel 22 % di perdita è compresa anche quella per attrito nei tubi, nei gomiti, ecc.

Tutta la turbina è facilmente smontabile, cosa assai pregevole in un impianto in cui il funzionamento non deve essere mai interrotto.

Il regolatore, che comanda la rotazione dell'otturatore, è del tipo Ganz e C.: il grado di regolarità domandato è del 2 % durante la marcia normale e del 4 % per variazioni di carico del 25 %.

Digitized by Google

Allo scopo poi di facilitare la marcia in parallelo, verrà applicato ai regolatori il sistema Siemens per la variazione della velocità di regime. — Esso consta semplicemente di un motorino da comandarsi dal quadro, il quale tende o rallenta una molla antagonista del pendolo conico.

Con questo metodo l'elettricista del quadro può modificare la velocità di ciascuna turbina, o il loro carico se marciano in parallelo, col premere semplicemente un bottone.

Un giunto di adattamento collega l'asse della turbina a quello della dinamo.

Avendo così dato qualche cenno della parte idraulica dell'impianto, veniamo ora a quella elettrica e prendiamo anzitutto in considerazione lo schema generale degli impianti fatti o da farsi dipendenti dalla stazione generatrice di Paderno.

Le correnti generate dalle dinamo di Paderno sono raccolte sulle sbarre collettrici della Stazione e avviate direttamente nella linea senza intermediario alcuno di trasformatori.

La linea, lunga 32 km., avrà una derivazione all'altezza di Monza per fornire energia motrice e luce a questa industriosa città.

A Milano la linea mette capo a Porta Volta.

L'officina di Porta Volta è composta di due parti: una stazione di trasformatori dell'energia proveniente da Paderno; e una stazione generatrice a vapore.

Tanto i trasformatori quanto gli alternatori annessi alle macchine a vapore, forniscono correnti trifasiche a 3600 volt e 42 periodi: quindi esse possono raccogliersi e confondersi sulle medesime sbarre collettrici, sostituirsi le une alle altre, concorrere negli stessi servizi.

Porta Volta è quindi l'origine della distribuzione in Milano la quale comprende tre servizi distinti:

1. La distribuzione di energia per motori e luce nelle zone industriali della città fatta con rete sotterranea, a correnti trifasiche a 3600 volt, con rete secondaria a 150 volt.

2. L'alimentazione del servizio trazione fatto con trasformatori rotativi posti nella nuova officina di S. Radegonda.

3. L'alimentazione della antica rete Edison a corrente continua, pure fatta mediante trasformatori rotativi posti nella detta officina di S. Radegonda.

Come si vede, quasi tutti i generi di applicazioni sono compresi in questo impianto che da una origine sola dovrà animare motori sincroni, asincroni, a bassa e alta tensione, lampade ad incandescenza, ad arco, e motori per trazione.

Digitized by Google

È questa moltiplicità di applicazioni che rese difficile lo studio dell'impianto di Paderno e che ora lo rende interessante: perchè ogni servizio ha delle esigenze sue particolari alle quali tutto l'impianto deve rispondere, senza che ne venga scossa l'unità o disturbata l'economia generale.

I punti principali che stabiliscono i caratteri di un impianto elettrico sono: — il sistema di correnti — la frequenza — la tensione.

Quanto al sistema di correnti, le diverse Case costruttrici interpellate avevano presentato le correnti trifasiche, le bifasiche e la continua. — La proposta dell'impiego della corrente continua era fatta dal Thury. (Compagnie de l'Industrie Electrique, Ginevra.)

Chiunque fu nel 1896 al Congresso di Ginevra avrà potuto rendersi conto della tenacia con cui il Thury sostiene il sistema di trasmissione a corrente continua in serie: una tenacia che rasenta l'apostolato. — E bisogna convenire che fino a che si tratta di trasmissione semplice senza distribuzione, il problema, entro certi limiti, può avere anche colla corrente continua una soluzione soddisfacente. — Ma quando si viene alla distribuzione, le cose cambiano: bisogna forzatamente passare per trasformatori rotativi, ciò che offre una soluzione tecnica ed economica indiscutibilmente tanto inferiore a quella dei sistemi a correnti alternative, da far sparire tutti i vantaggi che si ottengono nella trasmissione: e in un impianto che deve alimentare gli svariati servizi di una grande città, la distribuzione frazionata ormai si impone.

La scelta fra il bifasico e il trifasico non era due anni fa così facile come oggi: allora il sistema di correnti bifasico sostenuto da qualche costruttore e difeso da autorevoli consigli, occupava ancora una posizione abbastanza forte.

Sfatata però l'illusione che col sistema bifasico fosse più facile il servizio cumulativo di motori e illuminazione, assodato che la sua condottura era la meno economica, questo sistema venne definitivamente abbandonato per far luogo al trifasico che egualmente, e forse meglio, permette il servizio cumulativo e che, essendo perfettamente simmetrico nelle sue parti, offre un sistema di distribuzione più uniforme e più elastico.

La scelta della frequenza delle correnti è assai importante essa pure: una volta fatto l'impianto è facile cambiare le tensioni se non troppo alte o troppo basse, è facile passare dal trifase al bifase se il sistema non soddisfa: ma la frequenza, una volta costrutto il macchinario, non si cambia più.

Digitized by Google

E oramai ammesso che la miglior frequenza è fra i 40 e i 60 cicli per secondo: e più verso il limite alto si deve tendere per impianti in cui la luce sia preponderante, più verso l'inferiore per quelli in cui lo sono i motori: questo secondo era il caso nostro; e poichè già la Società Edison possedeva un vecchio impianto monofasico Ganz sul quale erano installate parecchie centinaia di Kw. in trasformatori costrutti per 42 cicli, fu prescelto appunto questa frequenza. — Già ora si hanno prove che non solo la luce ad incandescenza, ma anche quella ad arco funziona sotto tale frequenza nel modo più soddisfacente.

Il problema della scelta della tensione è uno di quelli intorno a cui l'ultima parola è lungi dall'esser detta.

Quindici anni fa era alta tensione quella di 100 volt, e si parlava di duecento volt come di cosa paurosa: poi poco a poco venne la volta delle migliaia, oggi siamo alle decine di migliaia di volt.

In impianti fatti a tensioni che parevano arrischiate per il tempo in cui sorsero, si videro dopo pochi anni raddoppiate le tensioni stesse senza preoccupazione alcuna.

Tuttavia ogni passo fatto nel senso di aumentare i voltaggi fu eccessivamente prudente, forse perchè l'esperienza aveva dimostrato che gli effetti e i pericoli crescevano con maggior rapidità delle tensioni stesse.

Ogni scelta di tensione rispecchia naturalmente queste due preoccupazioni, e se da una parte si sarebbe portati ad attuare oggi quello che si presenta sarà la soluzione del domani, si è poi invece trattenuti dalla prudenza che si deve avere di fronte all'incerto.

In ogni modo anche indipendentemente dalle difficoltà tecniche, al disopra di sopra di certi valori non è così facile anche la determinazione della tensione più economica.

In alcuni impianti, non so se prima o dopo la scelta della tensione si sono intavolati dei calcoli per determinare o giustificare la scelta medesima; e ciò sovrapponendo due curve, di cui l'una indichi come la spesa in rame diminuisca coll'aumento della tensione di lavoro, l'altra, come invece, con questo aumento crescano pure il costo delle macchine, degli apparecchi e degli isolamenti, e ciò a parità di rendimenti. Ma questo è un calcolo incompleto: bisognerebbe per completarlo, poter valutare quali saranno le maggiori spese di riparazioni e manutenzioni nel caso delle alte tensioni: e quante esperienze ne abbiamo noi al disopra di 5000 volt?

Per l'impianto di Paderno fu stabilito la tensione di 13.500 volt direttamente generata nella dinamo.

Digitized by Google

Il generare direttamente la tensione della linea, e quindi la eliminazione dei trasformatori dalla Stazione Generatrice, rappresenta anzitutto una forte economia nelle spese d'impianto, poi tutto l'insieme dell'installazione stessa diventa più semplice, il rendimento si fa più elevato, le manovre si riducono a poca cosa, la manutenzione si fa molto economica.

Però bisogna anche osservare che era la prima volta che si parlava di alternatori a 13.500 volt.

La questione poteva essere considerata sotto il punto di vista della sicurezza di funzionamento e di isolamento che una dinamo a 13.500 volt poteva presentare, sotto quello della economia della trasmissione ed infine sotto quello della semplicità della linea.

Quando si discutevano le generatrici di Paderno, vi erano poche dinamo in esercizio la cui tensione toccasse a 5000 volt: alcune Case costruttrici ne avevano nelle loro sale di prova qualcuna a voltaggio maggiore e non esisteva in esercizio, colla tensione di 10000 volt, che l'alternatore del De Ferranti, un' ardita costruzione che, piuttosto che una macchina, rasenta il tipo di un apparecchio da laboratorio.

D'altra parte però non esistevano forse trasformatori a 15-20 mila volt, e non sono apparecchi di funzionamento sicuro? E se si possono costruire buoni trasformatori a 15000 volt, perchè non si possono costruire buoni alternatori a 13.500?

Alle obiezioni che alcune Case costrutrici sollevavano si poteva fare l'appunto che molte dipendevano dal volersi esse attenere, nella costruzione di macchine ad alte tensioni, ai loro metodi di costruzione impiegati per le basse o medie tensioni: mentre questo concetto si deve avere: che una dinamo ad altissima tensione deve essere, specie nei particolari, assai diversa da quelle a tensioni normali.

Quanto alla linea, bisognava arrivare almeno a 13.500 volt per avere una soluzione soddisfacente.

Tenuto conto che per non avere una notevole selfinduzione non bisognava sorpassare 8 a 9 mm. di diametro nei fili, con 13.500 volt bastavano 18 fili per avere una perdita in energia del 9 %, mentre con 10000 volt ancora con 18 fili tale perdita montava al 17 % e per ridurla al 9 % occorrevano 36 di tali fili.

La soluzione quindi a 13500 volt era elegante, economica e semplice: e confortata anche dall'autorevole avviso del prof. Ferraris essa fu audacemente e ponderatamente prescelta.

Però anche della prudenza fu tenuto conto e l'impianto è fatto per modo che se qualche fenomeno imprevisto venisse a perturbarne

Digitized by Google

l'andamento, sia possibile, senza nulla alterare, ridurlo ad una più bassa tensione.

Possiamo ora riassumere i dati principali dell'alternatore trifasico, son dunque:

Potenza assorbita 2160 HP ossia 1590 Kw.
Velocità . . . . 180 giri al 1′
Frequenza . . . 42 „ al 1″
Differenza di potenziale fra i fili del sistema trifasico 13.500 volt.

La costruzione delle generatrici e dei quadri, venne affidata alla ben nota Ditta Brown Boveri e C.° di Baden.

La dinamo è del tipo a circuiti indotti fissi e a induttore girante, foggiato a stella di poli.

Potrà qualcuno domandarsi il perchè della scelta di questo tipo di fronte a quello a circuiti tutti fissi così di moda, diremo, a quei giorni e ancora oggi, e non mi spiace soffermarmi un po' sull'argomento.

I vantaggi del tipo a circuiti fissi di fronte agli altri sono principalmente:

La costruzione affatto meccanica della parte girante — l'abolizione di contatti striscianti — un minor consumo d'energia per l'eccitazione — quindi un rendimento un po' più elevato.

Non è necessario spender molte parole per dimostrare che questi sono vantaggi reali. — Infatti il non aver più fili e rocchetti lanciati a velocità periferiche considerevoli, sottoposte agli strappi della forza centrifuga che tende a sconnetterli e a deteriorarne l'isolamento, è una cosa di assai grande pregio. — L'abolire i contatti striscianti è eliminare una cosa noiosa, ma non però trascurabile.

Il risparmio nella eccitazione che deriva esclusivamente dall'impiego di una sola bobina anzichè di numerose, può rialzare il rendimento dell'1 o anche dell'1 $^1/_2$ $^0/_0$.

Veniamo agli svantaggi.

Vogliamo lasciare da parte la considerazione dell'incomodo di avere una bobina eccitatrice dal diametro di 5 o 6 metri: non vogliamo neanche dar troppa importanza al fatto che essendo il ferro molto male utilizzato, a parità di potenza, queste macchine pesano assai più delle altre, quantunque però in certi casi possa questa maggiore voluminosità essere assai incomoda.

Occupiamoci invece della enorme dispersione di flusso magnetico e dei suoi effetti.

Digitized by Google

A chi consideri una di tali macchine appare chiaro che la parte esterna della corona fissa e l'albero della parte girante sono due poli liberi d'un elettro magnete. — A vuoto le linee di forza che, invece di passare per l'intraferro, vanno per l'albero e pel supporto, sono poche: ma quando il carico aumenti e appena appena si faccia sentire la reazione interna specialmente se lo spostamento di fase della corrente è un po' rilevante, il flusso che sfugge per l'aria prende un'importanza considerevole. Prova di ciò è che tutti i corpi magnetici vicini a tali macchine sono magnetizzati: esempio notevole la necessità di fare in bronzo i regolatori e gli organi delle macchine a vapore ad esse direttamente accoppiate.

La proporzione di linee di forza che sfuggono, può divenire talmente importante che, arrivati ad un certo punto, per quanto si forzi l'eccitazione, non è possibile salire colla tensione.

A ciò e a null'altro si devono attribuire gli insuccessi che quasi ogni Casa costruttrice ha dovuto registrare nelle prime macchine di questo tipo costrutte. — Tutto il complesso di quei fenomeni che si chiama reazione interna è quindi elevatissimo, ed è anche accentuato dal fatto che per rendere le dispersioni magnetiche meno forti bisogna tenere intraferri strettissimi.

Negli alternatori odierni è necessaria una debole reazione interna, altrimenti il servizio cumulativo di luce e forza è impossibile: e sotto questo punto di vista le macchine a solo ferro girante che ancora per solo scopo di illuminazione possono soddisfare, sono assolutamente inferiori alle altre.

Ma torniamo all'alternatore Brown. — È una macchina che a prima vista presenta un aspetto singolare: sembra composta di due volani che girino l'uno dentro all'altro. — Questa forma si spiega subito osservando come l'intera struttura differisca essenzialmente da quella di tutte le altre macchine del genere. — Ordinariamente nelle dinamo la parte fissa riposa sopra larghi appoggi laterali collegati o meno ai supporti; in questa invece, riposa completamente sui supporti. — A ciascun supporto è collegata dalla parte interna una superficie cilindrica: la corona dell'indotto è portata da 6 razze concorrenti ad un mozzo che è serrato su questa superficie cilindrica. — Questa disposizione, oltre a rendere più semplice e leggera la costruzione, ha due scopi speciali; il primo di garantire una centratura perfetta della parte fissa rispetto alla ruotante, perchè tutto si riferisce per via di tornitùre successive al cuscino del supporto: il secondo di rendere più facili le eventuali riparazioni.

Digitized by Google

Infatti ove qualcosa avvenisse nella parte inferiore dell'armatura, non c'è che levare le viti che si vedono ai lati della macchina, e per mezzo di un arganello far ruotare il tutto intorno alle due espansioni cilindriche dei supporti.

La parte ruotante presenta anche essa dei particolari interessanti. — Essa porta 28 poli di acciaio fuso, massicci, serrato ciascuno da due viti sulla periferia del volano. L'avvolgimento di questi poli non è fatto con fili o nastri al modo ordinario, ma è composto come segue: una sbarra piatta di rame dello spessore di 4 mm. larga 25 o 50 mm. viene piegata a elica nel senso della maggiore dimensione: il solenoide risultante è compresso con un torchio idraulico e le sue spire son isolate fra di loro da fogli di carta: si ottiene così un avvolgimento che meccanicamente presenta una solidità grandissima e che non teme gli strappi della forza centrifuga.

Gli avvolgimenti dell'indotto sono passati dentro tubi di cartamicanite. — Questo modo di avvolgimento è costoso e richiede molto lavoro perchè le bobine vanno avvolte sulla macchina stessa e passate spira per spira dentro i tubi: ma l'uso di un tubo intero senza giunto è di grande sicurezza per le alte tensioni. Questi tubi sporgono almeno 10 centimetri dal ferro per impedire le scariche infra i fili e la carcassa, e fra i fili stessi si è avuto cura di tenere distanze di almeno 15 cm. Per questa ragione la macchina riesce molto larga, ma tutte queste cure bisogna prendere per tenere imprigionata la tensione che cerca ogni più piccola via, ogni superficie appena conduttrice per sfogare la sua energia distruttrice.

Ogni dinamo porta sul medesimo asse la propria eccitatrice. Era questa la soluzione più economica e semplice.

È vero che l'eccitatrice accoppiata ha l'inconveniente di aumentare le variazioni di tensioni dovute a variazioni di velocità: se si suppone per esempio che la velocità diminuisca, diminuirà la tensione proporzionalmente ad essa: ma anche la tensione della eccitatrice sarà per la medesima ragione ridotta: quindi la totale diminuzione di tensione sull'alternatore sarà più che proporzionale alla variazione di velocità. — Tuttavia in pratica la cosa non ha importanza sensibile, specie se la reazione interna è debole, forse più che tutto per l'inerzia magnetica delle macchine: e d'altra parte l'uso di eccitatrici separate domanda turbine, tubi aduttori, prese speciali: il che complica assai l'impianto e costa molto.

Ho detto che la reazione interna di queste macchine è debole: infatti essa è garantita del 5 % a carico non induttivo e del 16 % a carico induttivo con un fattore di potenza dell'80 %.

Digitized by Google

Il rendimento promesso a pieno carico è del 95 % nel primo caso, del 93 % nel secondo.

Questi alternatori devono poter assorbire la potenza totale di 2160 HP col rendimento corrispondente anche quando il fattore di potenza è di 80 %: devono in tali casi poter fornire 80 ampère e ciò dopo 24 ore di funzionamento a pieno carico.

È questo il dato che determina la potenza e le proporzioni della macchina: ed è il solo esatto: qualunque indicazione di potenza non riferita al fattore di potenza non ha alcun senso.

Come turbine e dinamo sieno disposte nella sala si vede dalla pianta Tav. V e dalle sezioni Tav. VI.

Come si vede, il tubo aduttore passa sotto la dinamo per arrivare alla turbina: questo fu così disposto onde poter intramettere fra le opere di scarico dell'acqua e gli alternatori una parete stagna che li salvaguardi in modo assoluto dall'umidità, specie in tempo di piena. — Inoltre più facile riesce il condurre i cavi ad alta tensione dalle macchine ai quadri che si trovano, come si vede dalla figura, dalla stessa parte della dinamo.

La sala per sè stessa non presenta grandi particolarità: molta cura fu presa per assicurare una attiva ventilazione naturale, aprendo in alto numerose finestre: una grù a ponte azionata elettricamente faciliterà le manovre di montaggio e riparazione: la parte più interessante sarà quella dei quadri, sui quali vogliamo un poco soffermarci.

Il dare una grande importanza ai quadri è una cosa affatto recente, portata dalle ultime esperienze in materia. — Nei primi impianti, in cui erano in giuoco intense correnti ad alte tensioni, non si diede ai quadri maggiore importanza che quella che si attribuiva loro negli ordinari impianti di illuminazione.

Ma i numerosi inconvenienti avvenuti, dimostrarono poco a poco che in tali impianti il quadro rappresenta uno degli organi più delicati di tutta l'installazione e va studiato con cura, eseguito senza economia, e sopratutto disposto con grande abbondanza di spazio.

Il quadro di Paderno, studiato con questi criteri, occupa 1.60 m², ed è disposto in una grande apertura centrale della parete della sala. — Gli apparecchi per le manovre riguardanti le dinamo si trovano su un ballatoio alto 3 m. sul suolo dell'officina, quelle riguardanti la linea, nella parte posteriore del locale.

Quello che chiameremo quadro dinamo è diviso in 9 sezioni, delle quali 7 appartengono a 7 alternatori, 2 servono da quadri collettori generali e sono disposti al centro degli altri.

Digitized by Google

Ciascuna delle sezioni delle dinamo contiene apparecchi ed istrumenti e cioè:

1 Interruttore tripolare ad alta tensione.
3 Piombi fusibili.
1 Deviatore.
1 Regolatore della corrente d'eccitazione.
1 Regolatore del campo dell'eccitatrice.
1 Trasformatore da quadro.
1 Voltmetro — 1 Amperometro — 1 Wattmetro per le correnti alternative.
1 Amperometro per la corrente d'eccitazione.
1 Voltmetro e lampade di fase.

Sono dal più al meno gli apparecchi ed istrumenti che si trovano su tutti i quadri: alcuni però meritano qualche cenno speciale.

Circa l'interruttore vi è da osservare che si interrompono senza difficoltà correnti intense sotto basso potenziale perchè la tensione non è sufficiente a mantenere un arco quando i due contatti dell'interruttore si sieno un po' allontanati: si interrompono senza apparecchi speciali debolissime correnti sotto altissimi potenziali perchè oltre ad un certo limite manca l'energia necessaria a vincere la resistenza dell'aria.

Ma quando e tensione e corrente sono elevate, la cosa è diversa. — Con 3500 volt e 150 ampère si hanno archi che misurano lunghezze considerevoli e, come sviluppo, certo superiori al metro; a 8000 volt — con concorrenti di 80 ampère si supera già il metro e mezzo. — E sono archi veramente spaventosi. — Quando si sviluppino fra due parti di un quadro, vengono portati in alto dalla spinta dell'aria calda e si attaccano a ogni conduttore che trovano, fondendo metalli, spaccando isolatori, incendiando il legno e la gomma.

La lunghezza che un arco può assumere a parità di altre condizioni, dipende anzitutto dalla natura del dielettrico nel quale avviene. Se noi produciamo un arco nell'aria ed uno nell'olio, la lunghezza a cui potremo mantenere il primo sarà di gran lunga superiore a quella del secondo.

Dipende in secondo luogo dalla materia di cui sono composti gli elettrodi.

Così se gli elettrodi sono di rame, avremo un arco più lungo che se sono di carbone: perchè il vapore di rame che volatizza e

Digitized by Google

brucia, genera un'atmosfera assai più conduttrice che quella formata dalle particelle di carbone.

E qui appunto troviamo la spiegazione dell'efficacia degli interruttori a scatto. — Con un interruttore a scatto del tipo della General Electric Co. si interrompe facilmente una corrente di 70 ampère a 3600 volt: interrompendo collo stesso interruttore ma lentamente, non si riesce a spegnere l'arco. — E ciò perchè col crescere della rapidità del movimento, si rende assai minore, fin dal principio, la formazione di vapori di rame.

Dunque per arrivare ad un buon interruttore per alte tensioni, sembra razionale applicare il principio dello scatto e aumentare la resistenza del dielettrico, facendo avvenire l'interruzione nell'olio. — Su tale principio sarà costrutto l'interruttore dei quadri di Paderno, che si vede rappresentato in alto dei quadri.

Anche valvole di sicurezza presentano un problema analogo: fortunatamente la soluzione è più facile e sicura.

I piombi fusibili della Casa Brown Boveri e Co., infatti, danno a 5000 volt un funzionamento così perfetto che lascia ben sperare anche per tensioni superiori. Il principio è assai semplice. In un tubo aperto di cartone o porcellana è teso il filo di piombo: quando per troppo intensa corrente esso venga a fondere l'arco che si forma, dilata istantaneamente l'aria contenuta nel tubo: avviene allora una specie di esplosione che spegne l'arco.

A sinistra del quadro si trova un commutatore, il cui scopo andremo a dire.

Tutto l'impianto, cominciando dai quadri di Paderno a venir giù giù fino a porta Volta e a S. Radegonda, lo si è voluto fatto in modo, che vi sia sempre la possibilità di scindere i servizi in due parti distinte.

Perciò le sbarre collettrici sono in doppio ordine, e ciascuna dinamo può essere inserita su ciascuno degli ordini: così le linee possono esser separate, così i trasformatori di Milano, le dinamo di Porta Volta, ecc.

Si è voluto ciò per poter eventualmente separare uno dei servizi dagli altri, quando questo servizio avesse esigenze speciali o arrecasse disturbo agli altri.

Le più recenti esperienze nostre e altrui sulla alimentazione in parallello di illuminazione, motori e trazione, portano a credere che tale separazione sarà inutile: in ogni modo la misura è prudenziale e renderà certamente dei servizi.

Digitized by Google

Il wattmetro sul quadro d'ogni dinamo fu messo più allo scopo di avere una indicazione relativa del carico vero di ciascun alternatore, che per avere una indicazione assoluta. Perchè quando parecchi alternatori marciano in parallelo, l'amperometro ci dice ben poco sul vero carico della macchina, essendo questo affetto dallo spostamento di fase.

I voltmetri elettrostatici disposti sui quadri collettori misurano la tensione a Milano: tre fili tesi sotto i principali della conduttura li connettono direttamente col circuito secondario, a 150 volt, posto nell'officina di Porta Volta. Essi hanno grandissima importanza perchè è a seconda della loro indicazione che la tensione della stazione va regolata.

Dietro la fila dei quadri delle macchine si trova quella dei quadri delle linee. Le linee sono sei: ciascuna ha il suo quadro con interruttore, deviatore, valvole e amperometri.

I quadri tutti in generale sono, quanto possibile, accessibili: ogni sezione può essere completamente separata dalle altre funzionanti, per modo che un uomo vi possa lavorare a far pulizia con tutta sicurezza. — Essi sono costrutti in ferro, porcellana e marmo: nessun materiale combustibile vi è annesso. — Le connessioni sono tutte in barre rigide e l'insieme è simetrico, semplice e costruttivo.

Le linee prima di uscire salgono in un locale superiore dove si troveranno i parafulmini: indi passando per apposite aperture che si trovano nella parte posteriore del locale, vanno ad attaccarsi al primo palo.

Come già abbiamo detto, i fili della linea saranno 18.

Una linea come questa, per altissima tensione e destinata a servizi pubblici importanti, come quelli di Milano, andava studiata con cure speciali e con speciale intendimento ad evitare le interruzioni. Non solo era necessaria una linea ben fatta, ma ci voleva una linea sulla quale fosse possibile la manutenzione, il ricambio delle diverse parti e la riparazione dei guasti eventuali, senza interruzioni di servizio. E questo ultimo scopo si raggiunse dividendo le linee in due. Fra la stazione di Paderno e quella di Porta Volta corre una doppia fila di pali: ciascuna fila porta 9 fili e dista dall'altra due metri. — Quando importi, per una ragione qualunque, lavorare su uno dei fili, tutta la mezza linea a cui esso appartiene, viene tolta di circuito e il servizio è completamente sopportato dall'altra metà. Nei momenti

Digitized by Google

di carico forte in tal caso la caduta di tensione aumenterà: e perciò si è provveduto a che sia possibile forzare la tensione degli alternatori fino a 15000 volt.

La linea, nei primi impianti a correnti alternative, è stata una delle maggiori cause d'insuccesso: e ciò perchè non si aveva neanche un' idea lontana dell' importanza degli effetti di autoinduzione. — Ed è curioso che, quantunque già da un pezzo fra gli studiosi il caso fosse abbastanza ben noto, ancora fra le linee proposte dalle diverse case costruttrici vi erano soluzioni affatto diverse e contradditorie.

Ormai anche tutta questa parte è abbastanza conosciuta perchè si possa procedere con gran sicurezza. Si sa che per avere una debole autoinduzione bisogna avvicinare il più possibile i fili e farli di diametro piccolo, quindi nel caso di forti correnti moltiplicare il numero dei fili.

Vi è un altro punto abbastanza importante: e cioè quando i fili sono numerosi bisogna cercare di disporli in modo che l'effetto d'autoinduzione sia pressochè uguale su tutti: perchè se non lo è tendono a prodursi delle correnti oziose fra i fili appartenenti allo stesso ramo del sistema, e quindi in parallelo fra loro.

La disposizione teoricamente perfetta per un complesso di conduttori d'un sistema trifasico, sarebbe quella in cui ciascun conduttore si trovasse nelle stesse condizioni di induttanza rispetto agli altri. Questa disposizione si ha ponendo tutti i fili a eguali distanze su un circolo. — Questa forma di conduttura, quantunque possibile a realizzare, non è però pratica, specialmente se il numero dei fili è grande. — La forma che dopo il circolo dà una minore differenza fra i diversi fili dello stesso ramo, è quella rappresentata dalla figura in cui i fili appartenenti allo stesso ramo del trifase portano la medesima lettera.

La figura rappresenta la disposizione effettivamente adottata sulla linea di Paderno. I fili sono del diametro di 9 mm. e la distanza fra i più vicini è ridotta a 60 cm. Questi fili sono di rame elettrolitico, della conduttività del 98 % e verranno tesi in modo da avere, sopra una catenaria di 60 metri di ampiezza, una freccia variabile da 60 cm. nel più rigido inverno, a $1^{m},20$ nel più caldo estate.

Nelle linee a corrente alternativa bisogna considerare la perdita di energia e la perdita di tensione. Quella d' energia è il prodotto della resistenza pel quadrato dell' intensità e sarà circa del 9 % a pieno carico quando il fattore di potenza sia dell' 80 %.

L'espressione della perdita di tensione è di assai più complessa. — Il caso speciale fu studiato dal compianto prof. Ferraris e il calcolo risultante è del massimo interesse.

Digitized by Google

È anzitutto necessario determinare il coefficente di selfinduzione di ciascuno dei nove fili: per il che bisogna tener conto del ramo del sistema trifasico a cui ciascun filo appartiene: perchè l'effetto di autoinduzione è funzione delle posizioni, di tutti i nove fili delle distanze relative e delle correnti che li percorrono.

La caduta di tensione è funzione di questo coefficiente di selfinduzione della resistenza ohmica del filo, della corrente ed infine dello spostamento di fase proprio degli apparecchi ricevitori.

Tutte queste quantità opportunamente composte, danno come risultante la perdita di tensione, che nel caso nostro risulta del 12.5 % circa, pur rimanendo del 9 % quella d'energia.

È questa una delle prime linee in cui vengono usati pali interamente metallici. — Quantunque coi pali metallici l'isolamento sia più difficile che coi pali in legno perchè l'isolatore si trova specie in tempi umidi, ad essere direttamente in contatto da una parte col filo, dall'altra colla terra, e quantunque la caduta d'un filo o la rottura d'un isolatore possa mettere nettamente a terra la linea, la loro superiorità meccanica è indiscutibilmente di grande valore.

D'altra parte il trovare pali in legno di lunghezze sufficienti, non è neanche troppo facile: il costruire pali misti non è una soluzione soddisfacente: quindi si è preferito prender cure maggiori nel disegnare gli isolatori e usare pali tutti in ferro.

Il palo è una svelta costruzione a traliccio disegnata e fornita dalle officine di Savigliano: ciascun palo pesa 460 kg. circa ed è fondato in un masso di calcestruzzo.

Nelle curve i due pali verranno collegati da una croce di S. Andrea.

Il porta isolatori di una forma speciale, atta ad una resistenza meccanica rilevante, e tale da non permettere l'accumularsi della neve, è fuso in acciaio.

Nelle condizioni della nostra linea l'isolatore è un organo della massima importanza, e va studiato in modo speciale.

Due erano i tipi che sembravano rispondere alle esigenze del caso: l'uno il tipo americano a campane alquanto allargate e con un nucleo interno di vetro o porcellana dura, l'altro il tipo a ombrello multiplo e completamente in porcellana.

Il concetto del tipo americano è d'offrire a mezzo del pezzo in vetro o porcellana dura un pezzo quasi imperforabile dalle scariche elettriche, mentre la parte esterna in porcellana verniciata offre un lungo cammino alle dispersioni ed alle scariche dirette attraverso

Digitized by Google

l'aria. — Nel tipo a ombrello multiplo il primo scopo è raggiunto coll'aumentare lo spessore della porcellana in prossimità della testa, il secondo collo sviluppo assai grande della superficie di dispersione.

Non essendo la pratica in materia molto estesa, venne deciso d'usare uno de' tipi su una delle linee l'altro sull'altra. Ambedue sono costrutti dalla Società Ceramica Richard-Ginori.

La linea nel suo percorso non segue le strade ma attraversa la campagna con un tracciato molto vicino ad una retta: gli angoli che essa fa, sia per schivare case o altri impedimenti, non superano i 3, o 4 gradi: angoli più forti fa soltanto per l'attraversamento delle ferrovie, dei corsi d'acqua e per l'entrata in Milano.

Il seguire le strade avrebbe presentato una maggior facilità di sorveglianza: avrebbe invece aumentato gli angoli ed allungato il percorso.

Si è invece risoluto il problema in modo da conciliare le diverse esigenze.

La Società Edison paga al proprietario un prezzo X per metro di attraversamento il quale copre: la servitù derivante dall' imposizione dei fili e pali, il risarcimento dei danni causati durante la posa in una zona larga 3 metri, e i danni causati durante 30 anni per la sorveglianza e riparazioni della linea, sempre nella zona di 3 metri.

La Società Edison ha poi il diritto di passare sulla zona di 3 metri con veicoli e carri quando e quanto le occorre.

Per tal modo la sorveglianza è comoda e sicura, e non presenta difficoltà di sorta.

Uno dei punti più delicati delle linee ad alta tensione è la protezione contro le scariche atmosferiche.

Sono pochi anni che il problema si è imposto in tutta la sua importanza: e oggi ancora i dati esperimentali su cui basare una teoria completa, o almeno stabilire un sistema di difesa sicuro, sono pochi e male assodati. E ciò perchè gli effetti del fulmine si possono studiare soltanto negli impianti e soltanto quando essi si compiacciono di presentarsi con quelle forme capricciose e spesso ruinatrici che sogliono assumere: e per lo più chi è preposto all' esercizio degli impianti non ha il tempo di disporre perchè ogni cosa venga ben osservata, o non ne ha la capacità e il coraggio, o se è nella condizione di farlo non può essere sempre sopra luogo. — Infine le osservazioni fatte da diversi individui in tempi e in luoghi diversi rimangono slegate e spesso vanno perdute.

Digitized by Google

Un'altra difficoltà sta nel fatto che la natura stessa dello scaricatore usato, la bontà maggiore o minore delle connessioni a terra, la disposizione dell'impianto modificano la forma stessa del fenomeno, perciò il più delle volte i risultati simili non sono affatto comparabili.

Tenterò in ogni modo di riassumere qui il punto a cui la conoscenza comune è giunta intorno alla questione, premettendo che si tratta piuttosto di ipotesi e presunzioni che di fatti accertati: e che userò un linguaggio assai più empirico che scientifico.

A quanto pare, le manifestazione delle scariche atmosferiche rispetto alle linee, possono assumere tre forme principali:

1. Una scarica fra una nube e la terra percorre, per un tratto più o meno lungo, un conduttore.

2. Una scarica fra due nubi induce una pertúbazione nei fili della linea.

3. Una nube sovrastante alla linea induce nei fili, una carica, elevandone il potenziale.

Nel primo caso la scarica può essere o può non essere oscillatoria: nel secondo e terzo è opinione generale che sia sempre oscillatoria.

L'essere o no tale è di una grandissima importanza perchè la natura e gli effetti sono completamente diversi.

Qualunque scarica, sia o no oscillatoria, incontra nei conduttori una impedenza sempre di un ordine superiore alla resistenza ohmica del conduttore: ma se la scarica ha la forma di un sol flusso d'energia incontrerà nel conduttore una impedenza mano a mano diminuente e dopo pochi istanti circolerà per i conduttori come un'onda di corrente ordinaria: nel caso invece in cui sia oscillatoria, cioè quando oscilla con frequenza di milioni di onde per secondo, la resistenza ohmica diventa una quantità assolutamente trascurabile di fronte alla enorme induttanza che i circuiti presentano.

Avviene per questa ragione, che una scarica oscillante, piuttosto che seguire una spira di rame, salta parecchi centimetri d'aria: perchè l'impedenza della spira è tale che la differenza di potenziale ai suoi estremi arriva a valori elevatissimi.

Si comprende subito come gli effetti dei due tipi di scariche debbano essere completamente diversi.

Infatti un fulmine che cada sopra un filo e che non abbia carattere oscillante tenderà a seguire la linea fino a trovare un punto dove l'isolamento colla terra sia debole: se quel punto è uno strato d'aria, salterà, se è isolante lo perforerà.

Una scarica oscillante invece cercherà verso terra il cammino che presenta la minima induttanza, quindi salterà degli spazi rilevanti d'aria piuttosto che seguire un lungo filo o attraversare una bobina.

Digitized by Google

Perciò avviene qualche volta che durante i temporali le scariche saltino direttamente a terra traversando strati d'aria di 4 o 5 metri piuttosto che seguire i fili fino alla estremità dove troverebbero spazi d'aria di pochi centimetri.

Generalmente dunque, e specialmente se la scarica è oscillante, l'impedire che essa arrivi alle macchine e ai trasformatori non è cosa che presenti molta difficoltà.

Il difficile viene dopo. Quasi sempre i diversi conduttori d'una linea scaricano contemporaneamente: allora le due scintille, i conduttori di terra, e la terra formano una derivazione fra i due fili di linea, la cui resistenza può essere assai piccola: ne risulta un corto circuito su tutto l'impianto, che se dura un po' può danneggiare assai seriamente gli apparecchi ed arrestare il funzionamento dell'impianto.

E infatti la maggior parte dei danni portati dal fulmine sulle macchine si può meglio spiegare a questo modo che coll'ipotesi che il fulmine sia andato a terra attraverso le macchine stesse, si può meglio spiegare così come uno degli effetti più comuni delle scariche atmosferiche sia la fusione delle valvole di sicurezza.

È chiaro che il fenomeno di messa a terra e corto circuito attraverso i parafulmini è tanto più facile quanto più elevata è la tensione dell'impianto e quanto maggiore è la potenza in giuoco tant'è che le linee telegrafiche e telefoniche sono praticamente difese dai semplici parafulmini a pettine: perchè quei cento e duecento volt che ci possono essere, non sono capaci di produrre un arco attraverso alcuni millimetri d'aria.

La protezione quindi di una linea ad alta tensione è un problema complesso: e ciò spiega come alcune disposizioni di sicurezza usate con successo, in alcuni casi, abbiano completamente mancato allo scopo loro in altri.

Un sistema completo di protezione deve rispondere ai seguenti requisiti:

1. Proteggere la linea dalle scariche dirette.
2. Impedire che scariche oscillanti abbiano a saltare direttamente dai fili ai pali o a terra.
3. Impedire che le scariche arrivino agli apparecchi alle macchine.
4. Impedire che gli scaricatori formino dei corti circuiti sull'impianto.

Il proteggere la linea dalle scariche dirette può essere fatto con punte, o meglio, con ciuffi di punte poste sui pali e ben connessi a terra. In molti casi fu proposto, e anche messo in opera al disopra

Digitized by Google

dei conduttori, un filo spinoso che corre lungo tutta la linea e messo di tanto in tanto a terra: il risultato però parve negativo, tanto che ormai, almeno in Europa, non si usa più. Potrebbe però darsi che, mentre protegge dalle scariche dirette, non protegga, come non lo può infatti, dagli effetti secondari, e che da ciò sia provenuta l'idea della sua inutilità.

Meno facile è l'impedire che le scariche oscillanti prendano vie dirette a terra ed il forzarle a seguire gli scaricatori. Infatti le oscillazioni elettriche, come quelle acustiche di una corda armonica, assumono ventri e nodi: perchè uno scaricatore disposto sulla linea abbia a funzionare è necessario che si trovi nelle vicinanze di uno di questi ultimi: ora chi può sapere dove essi verranno volta per volta a formarsi?

Bisogna dunque porre un gran numero di scaricatori lungo la linea, numero che solo l'esperienza d'ogni singolo caso può precisare.

Il terzo requisito non presenta troppe difficoltà ad essere soddisfatto.

Basta infatti disporre uno scaricatore prima della macchina da proteggere e creare una grande diversità fra le due vie che la scarica può seguire: e cioè: fare quella verso la dinamo o verso i trasformatori di induttanza elevatissima: quella verso terra di induttanza, quanto possibile, piccola: allora la scarica sceglierà la seconda anche se deve, per farlo, saltare un notevole spazio d'aria.

La realizzazione di questo stato di cose è quello che costituisce la buona messa in opera di un parafulmine di estremità, l'induttanza della linea verso gli apparecchi, si aumenta coll'intercalarvi delle bobine di selfinduzione composte di una dozzina di spire molto ampie non contenenti ferro.

Una tale bobina presenta alle scariche oscillanti un'elevatissima impedenza, mentre alle frequenze ordinarie degli impianti questa diventa debolissima.

Il Wurtz, sempre riferendosi al fenomeno dei ventri e nodi non si accontenta di una sola bobina ma ne dispone parecchie e parecchi scaricatori colla speranza che qualche ventre d'oscillazione si formi proprio in corrispondenza di uno di essi. Come determini poi il numero di questi apparecchi, non è molto chiaro: egli tiene per sè la sua teoria.

Il circuito che conduce a terra, per presentare la minima impedenza, deve essere, se possibile, rettilineo: le scariche oscillanti non si prestano a risvolte brusche. Un gomito offre un'alta impedenza. Dunque linee diritte e brevi, e sopratutto delle terre fatte bene. La

Digitized by Google

terra umida è buonissima terra: l'acqua da sola pessima. La superficie del conduttore a terra deve espandersi poi il più possibile.

L'ultimo punto, cioè l'impedire che la scarica formi corto circuito sull'impianto, ci porta alla discussione degli apparecchi scaricatori.

Uno scaricatore, oltre a compiere la funzione che il suo nome indica, deve, o impedire la formazione di un arco fra la linea e la terra, o spegnere l'arco che si forma.

Una buonissima cosa, in via generale, è disporre nella linea di terra una forte resistenza ohmica, il cui coefficiente di selfinduzione sia assai debole, per esempio un cilindro di carbone: questo limita il flusso di corrente e riduce i danni del corto circuito. Un'altra disposizione assolutamente necessaria è quella di fare a ciascun parafulmine una terra separata, il riunire tutte le terre in una sola è assai pericoloso perchè rende la resistenza eventuale del corto circuito affatto trascurabile.

Di apparecchi scaricatori ne sono stati inventati delle centinaia: quelli che hanno dato i migliori risultati finora sono il tipo Wurtz e il tipo Siemens.

Il parafulmine Wurtz, costrutto dalla Westinghouse Electric Co. si compone di una serie di cilindretti di bronzo speciale, contenenti molto zinco allineati per modo che fra l'uno e l'altro vi sia uno spazio d'aria di mm. 1/3 circa. Generalmente in seguito ad una scarica, l'arco non si forma; questo è un fatto constatato ma il perchè non è ancora ben stabilito.

In America infatti la General Electric Co. fabbrica un parafulmine detto Wirt, il quale non differisce essenzialmente da quello Wurtz che nella teoria: il Wurtz infatti attribuisce il potere di spegner l'arco all'azione dell'ossido di zinco, il Wirt all'azione raffreddante delle masse metaliche. Ciascuno può quindi seegliere a suo talento.

Nel parafulmine Siemens invece è l'arco formatosi, che per un effetto elettrodinamico si rompe da sè.

Esso è formato da due tratti di filo di rame avvicinati alla base e aprentisi in alto in modo che ben gli sta il suo nome di parafulmine a corni.

La linea è attaccata ad uno dei fili, la terra all'altro. Quando una scarica salta lo strato d'aria compreso fra i due fili, l'arco che si forma, per un ben noto effetto elettrodinamico, è spinto verso l'alto dove è obbligato ad allungarsi: l'effetto dell'aria calda lo curva all'insù fino a che lo rompe.

Tutto ciò dura in generale pochi secondi, ed il funzionamento è sicuro: però qualche volta la durata è maggiore e allora il corto cir-

Digitized by Google

cuito che si forma può produrre un notevole abbassamento di tensione sull' impianto.

Meglio questo che un danno sull' impianto, però è sempre un disturbo.

Allo stato attuale della questione abbiamo pensato di provare contemporaneamente questi due sistemi insieme alle altre summenzionate disposizioni sulla linea di Paderno e l'esperienza deciderà sul sistema definitivo.

La linea arriva a Milano girando dietro il cimitero monumentale e fa capo all' officina di Porta Volta ove è ricevuta da un apposito quadro.

Dal quadro le correnti sono convogliate alla sala dei trasformatori.

I trasformatori, forniti dalla Casa Ganz e C. di Budapest saranno trifasici nel rapporto 12000 a 3600 volt. La loro costruzione è abbastanza semplice.

Constano essi di tre colonne di ferro lamellato, disposte in un piano: su ciascuna colonna sono infilati numerosi rocchetti alternativamente appartenenti al circuito primario e al secondario.

Questo tipo a colonne disposte in un piano è, da alcuni, criticato nel senso che non essendo i tre circuiti magnetici egualmente lunghi, può dar luogo a disimmetria nel sistema. Però l'obiezione appare infondata e si può sempre, nel caso nostro, in cui i trasformatori sono numerosi, connetterli in modo che la disimmetria si compensi.

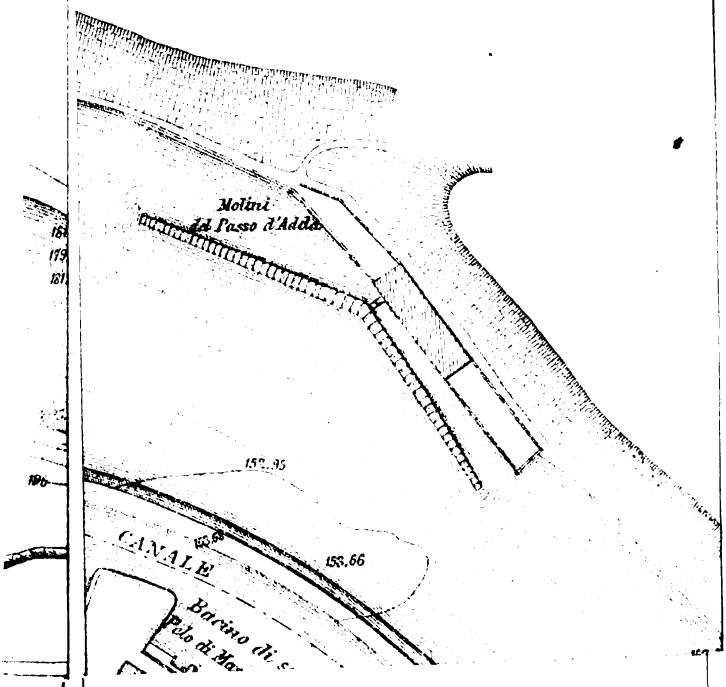
La potenza di ciascun trasformatore è di 350 kw: esso misura metri 2.10 d'altezza su 2 di lunghezza e metri 1 di larghezza e pesa 8000 kg.

I secondari dei trasformatori vengono condotti ad un quadro che fa parte del quadro generale dell' officina di Porta Volta.

Arrivato a questo punto il mio compito è finito. Altri ben più degno di me di parlare di queste cose, l'egregio ing. Bertini, prendendo le mosse dall'officina di Porta Volta vi guiderà per la restante via. E vi mostrerà come l' energia venuta da Paderno si suddivida e serpeggi per la città, come si distribuisca alle lampade ai motori; per quali trasformazioni arrivi ai pesanti carrozzoni delle tramvie.

Io non so se le mie parole hanno saputo esprimere quanto io voleva: credo però che vi sarete fatta la persuasione che l'impianto elettrico di Paderno ha avuto tutto lo studio e la ponderatezza che un' impresa così si meritava e che essa dà affidamento pieno di un successo soddisfacente sia per la parte scientifica che per i risultati tecnici ed economici.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO

Fig. 1 – Diga a Chiusa mobile – Scala 1:400

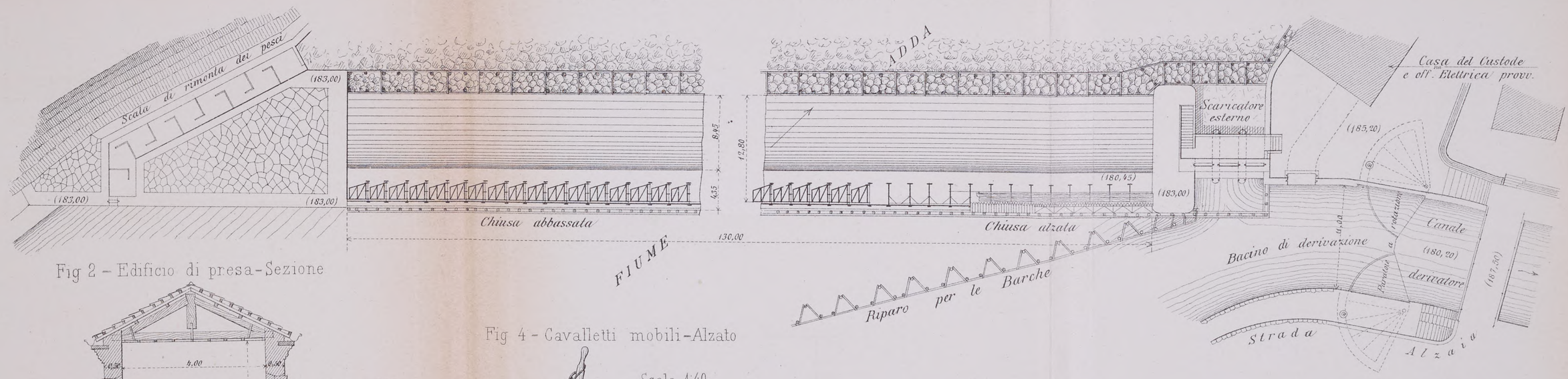


Fig 2 – Edificio di presa-Sezione

Scala 1:100

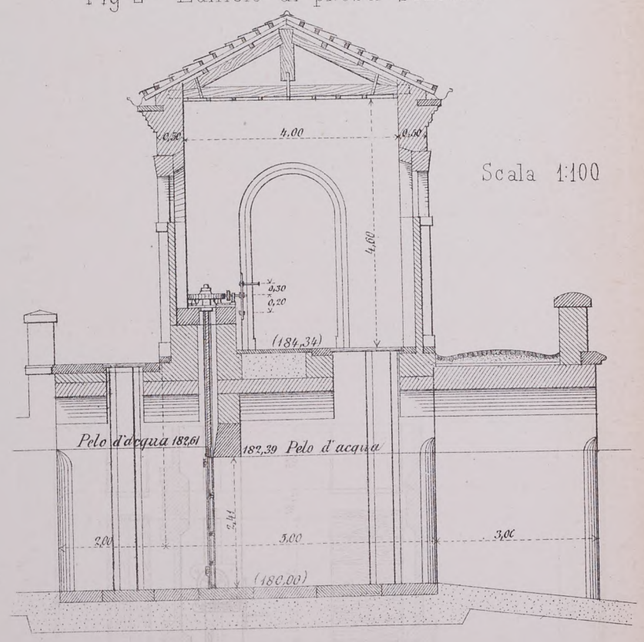


Fig. 3 – Pianta

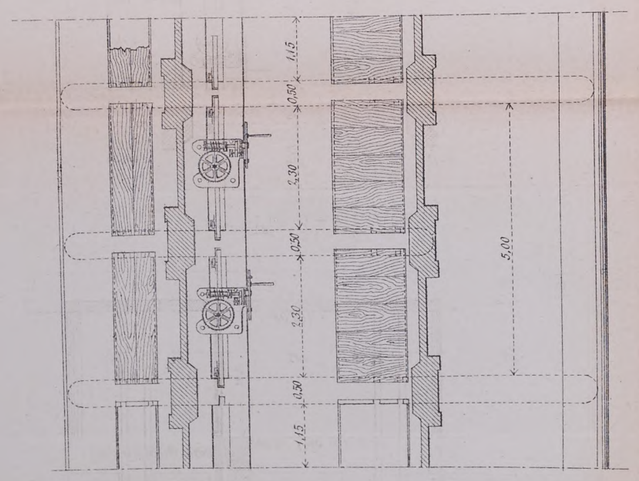


Fig 4 – Cavalletti mobili-Alzato

Scala 1:40

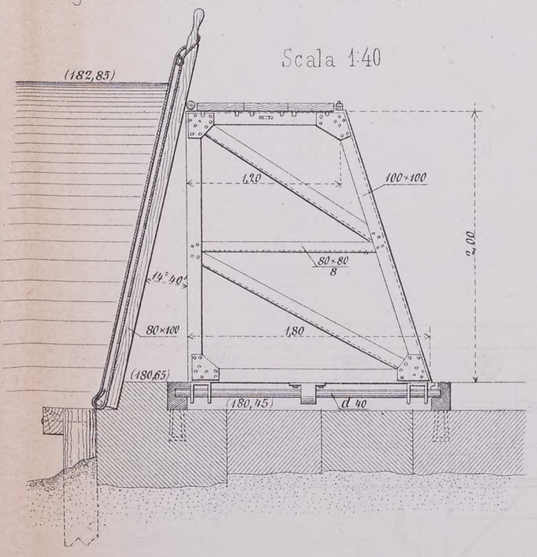


Fig. 5 – Pianta

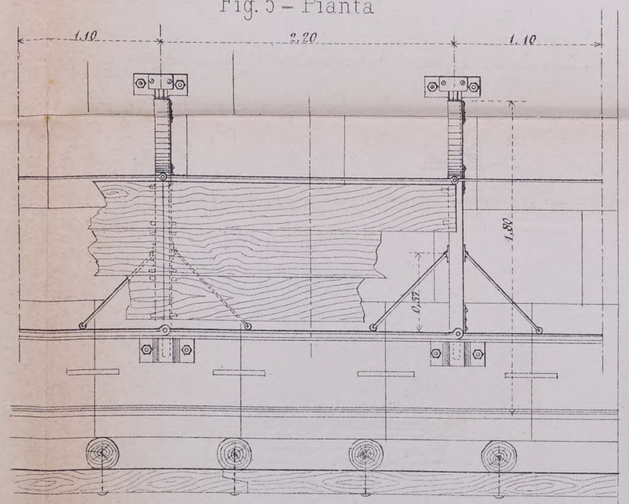
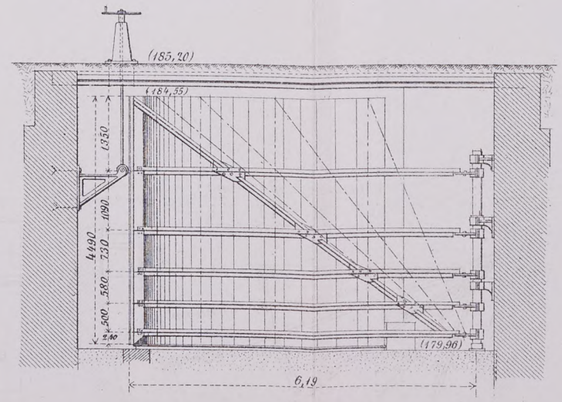


Fig. 6 – Paratoie a rotazione – Alzato



Scala 1:100

Fig. 7 – Pianta

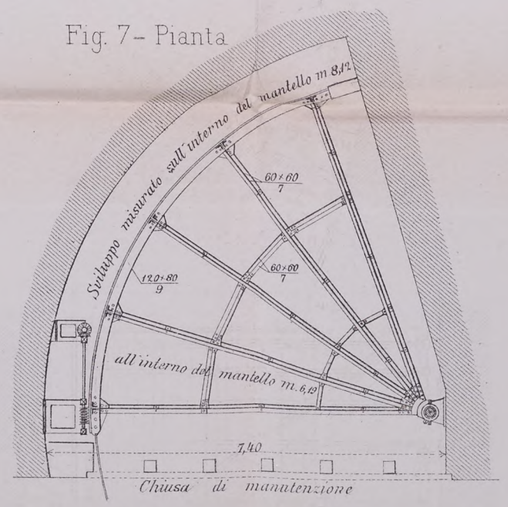


Fig 8 – Sezione del canale in trincea

per terreni sciolti *per terreni compatti*

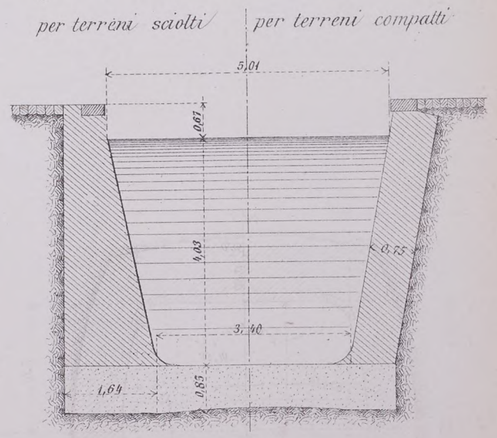
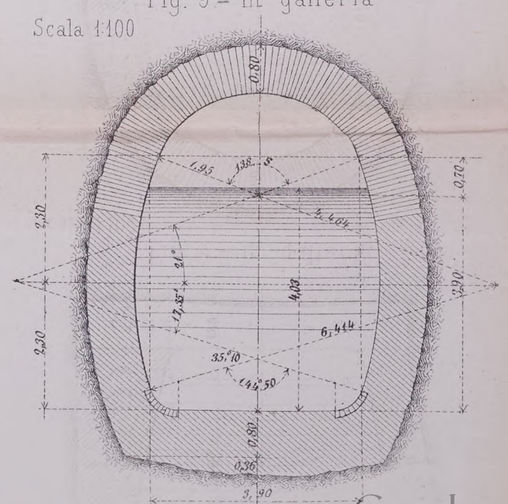


Fig. 9 – in galleria

Scala 1:100



Digitized by Google

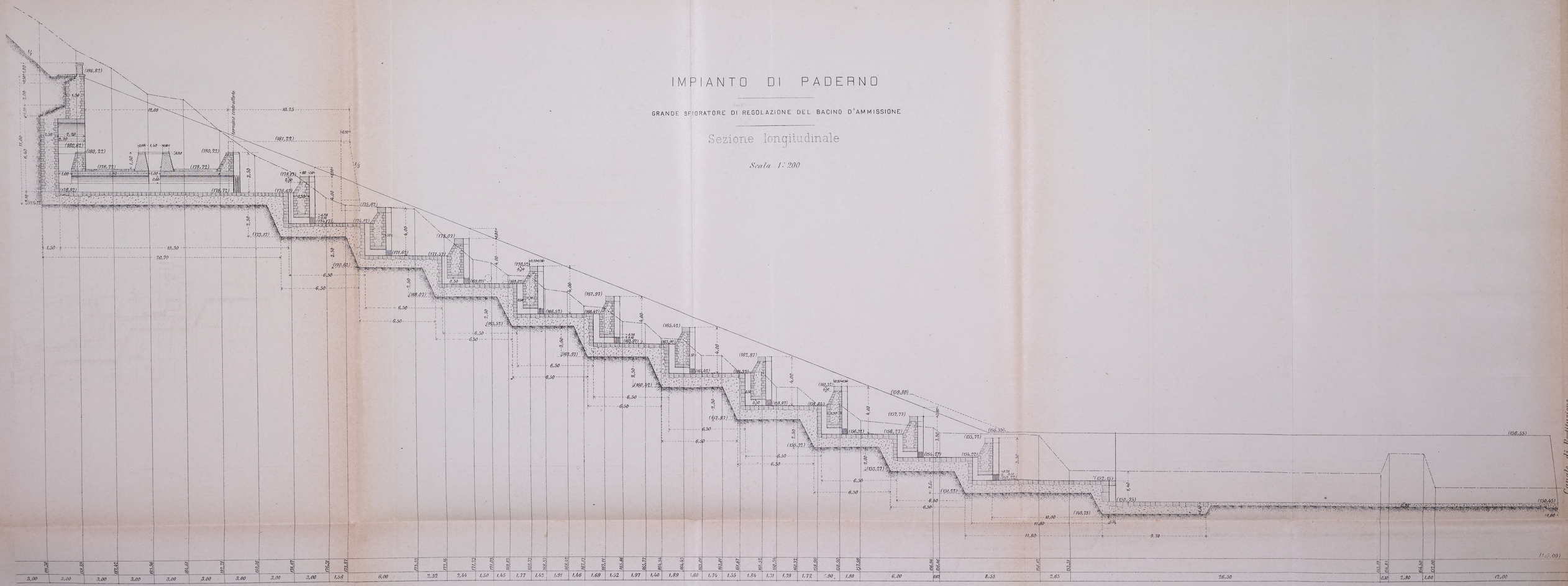
Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO

GRANDE SFIORATORE DI REGOLAZIONE DEL BACINO D'AMMISSIONE

Sezione longitudinale

Scala 1: 200



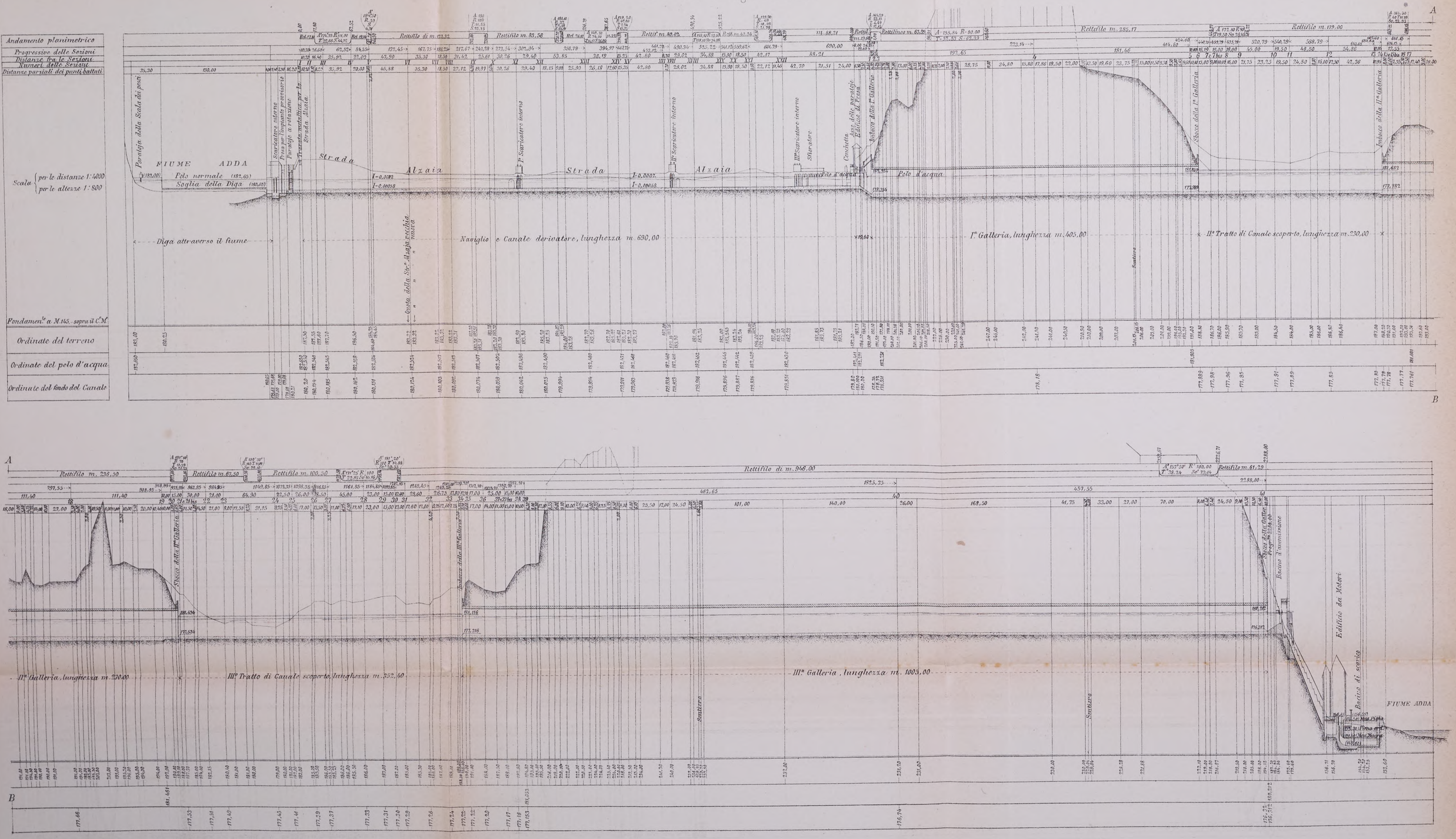
Milano, Tip. e Lit. degli Ingegneri

Digitized by Google

Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO

Profilo longitudinale



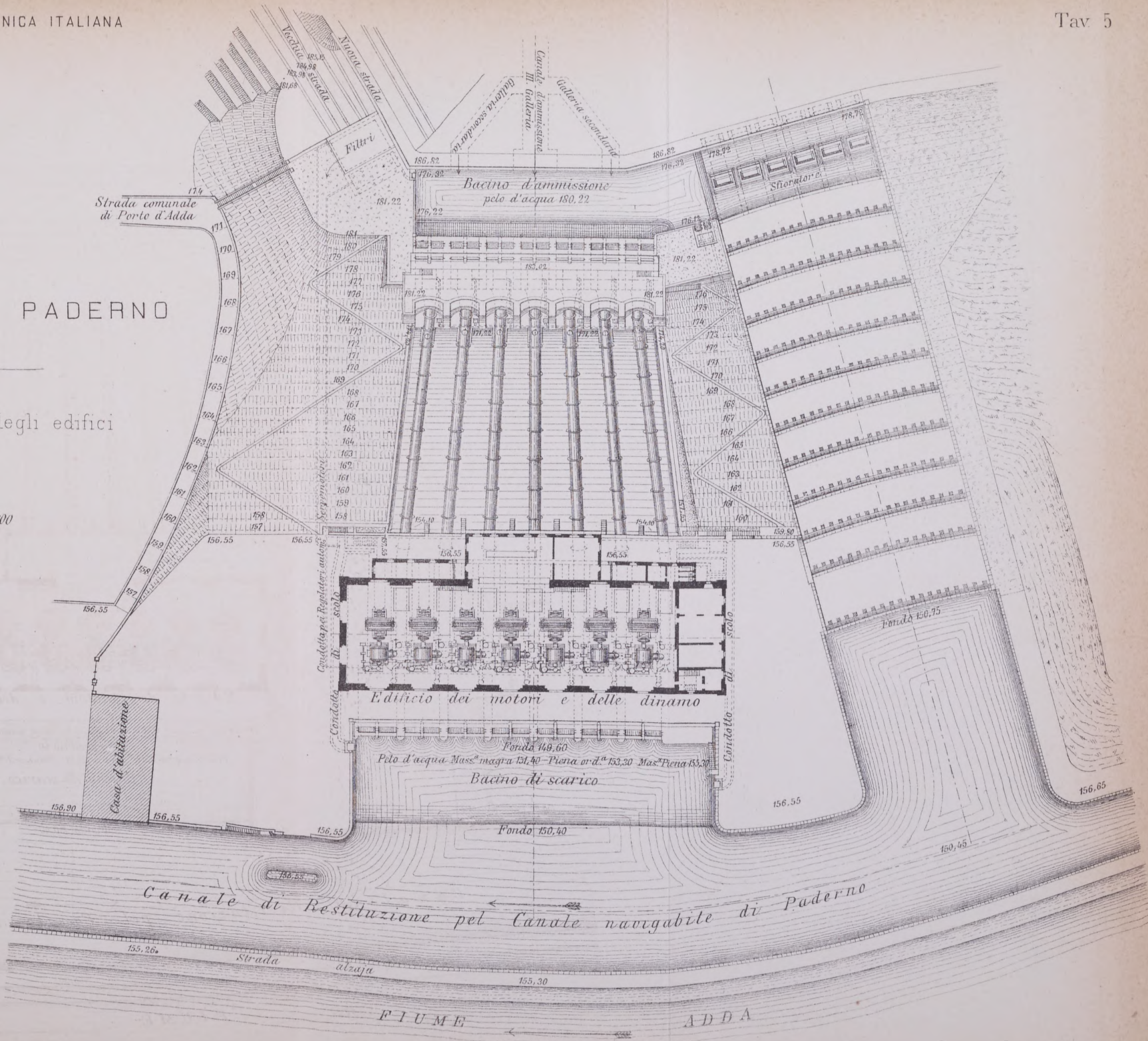
Digitized by Google

Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO

Pianta generale degli edifici

Scala 1:800



Digitized by Google

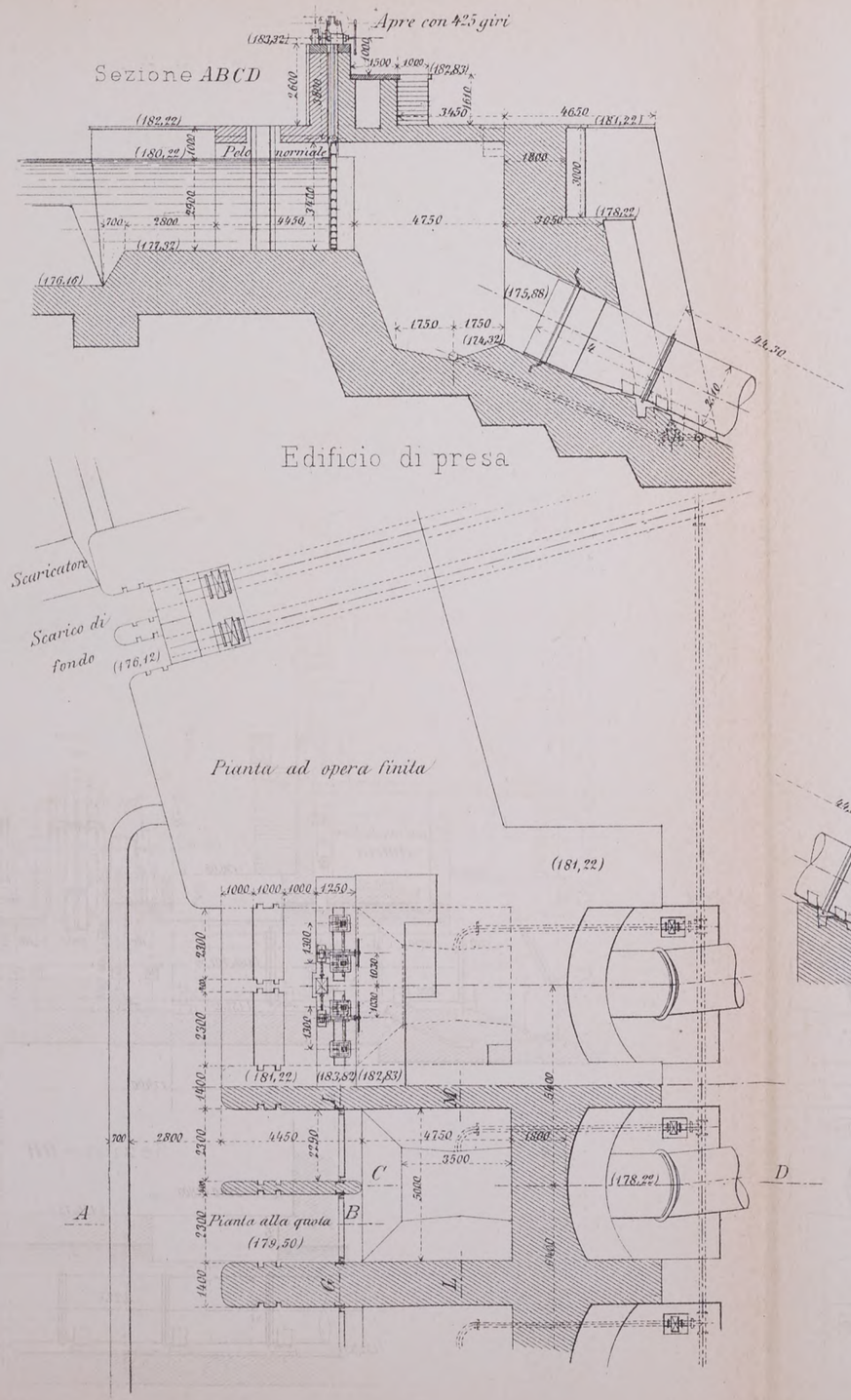
Digitized by Google

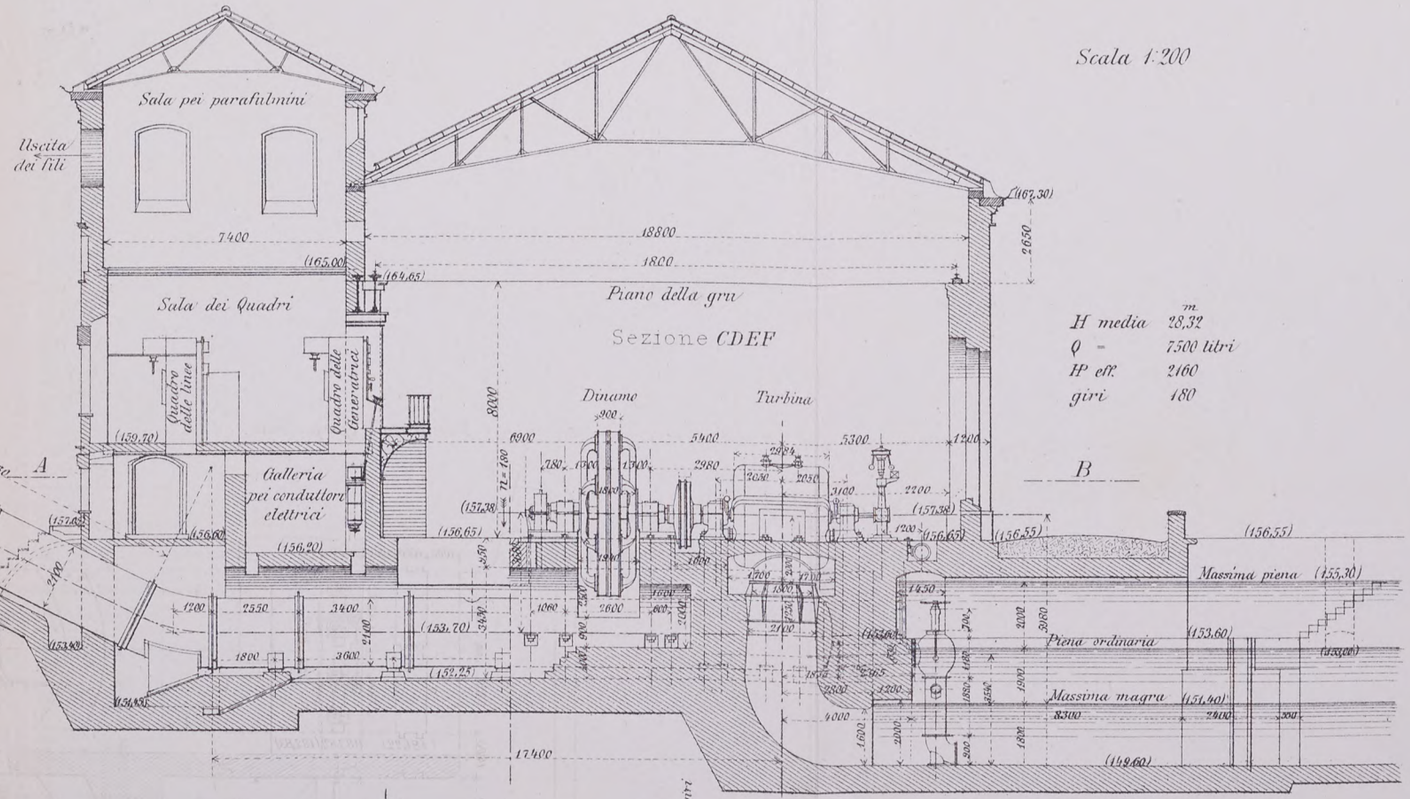
IMPIANTO DI PADERNO

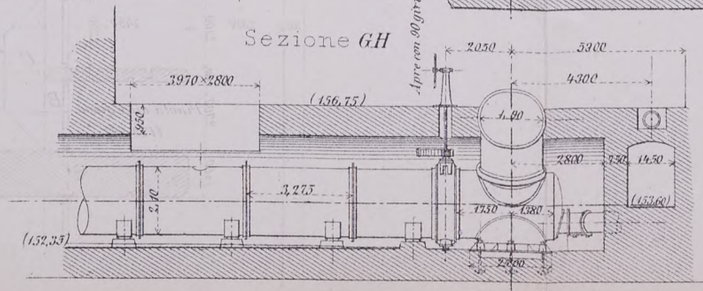
Edificio dei motori e dinamo

Sezione trasversale

Scala 1:200







	m.
H media	28,32
Q =	7500 litri
Hp eff.	2160
giri	180

Milano, Tip. e Lit. degli Operai

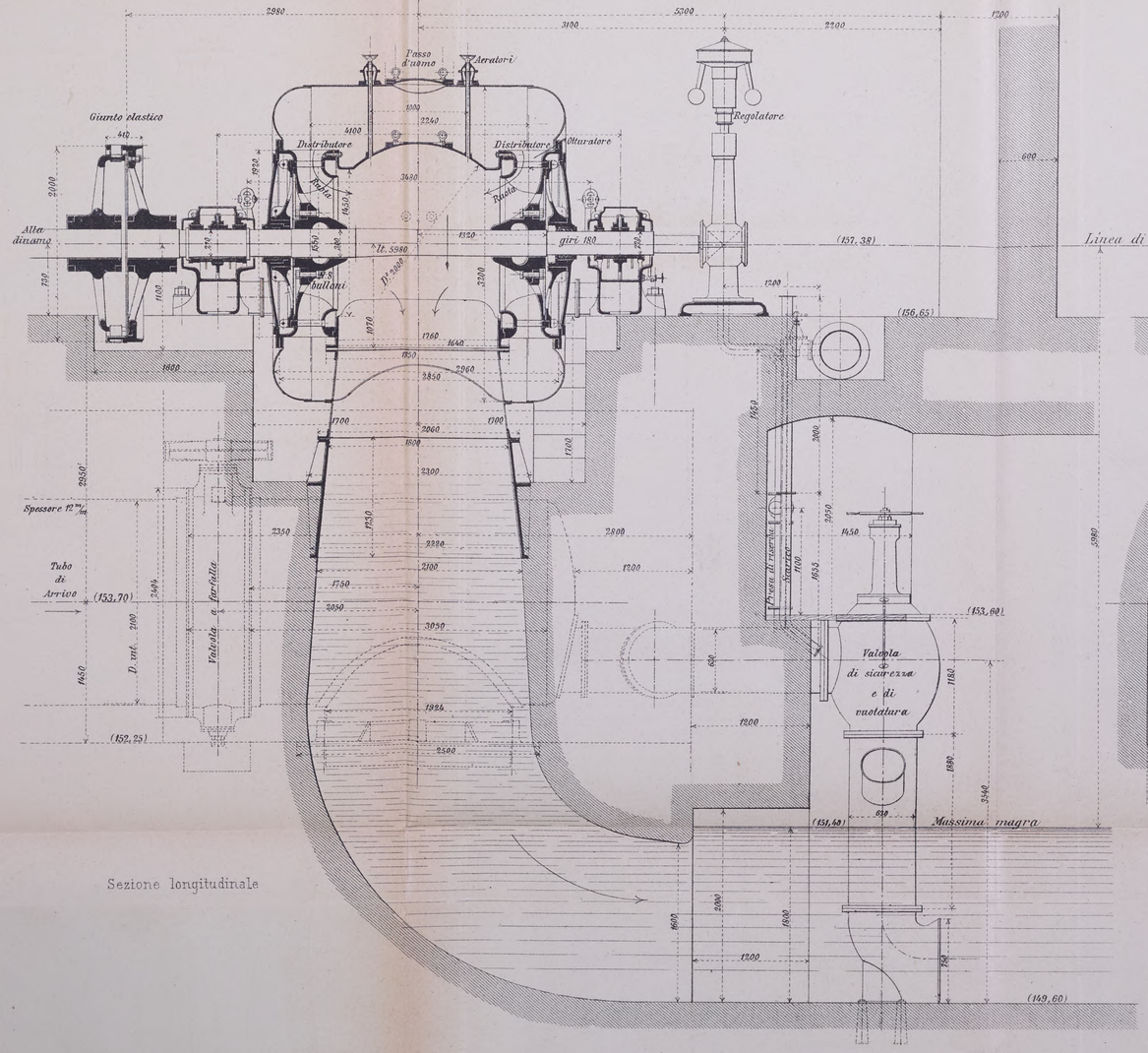
Digitized by Google

Digitized by Google

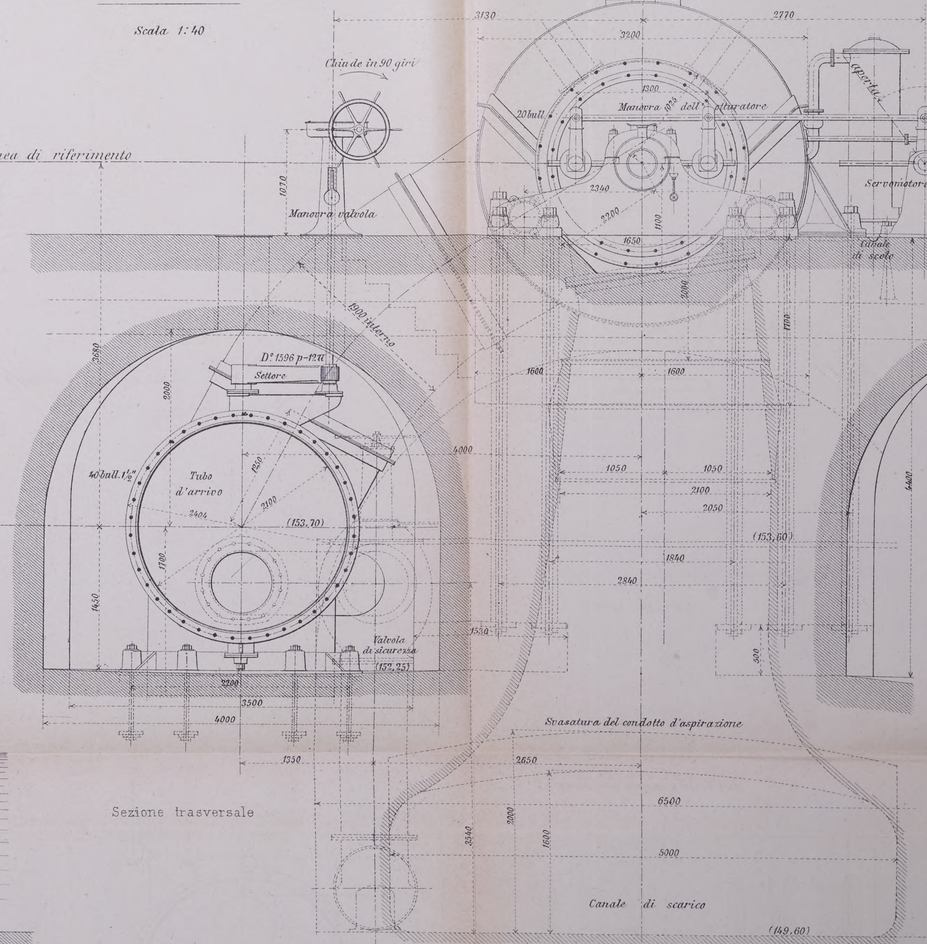
IMPIANTO DI PADERNO

Turbina di 2160 HP eff.

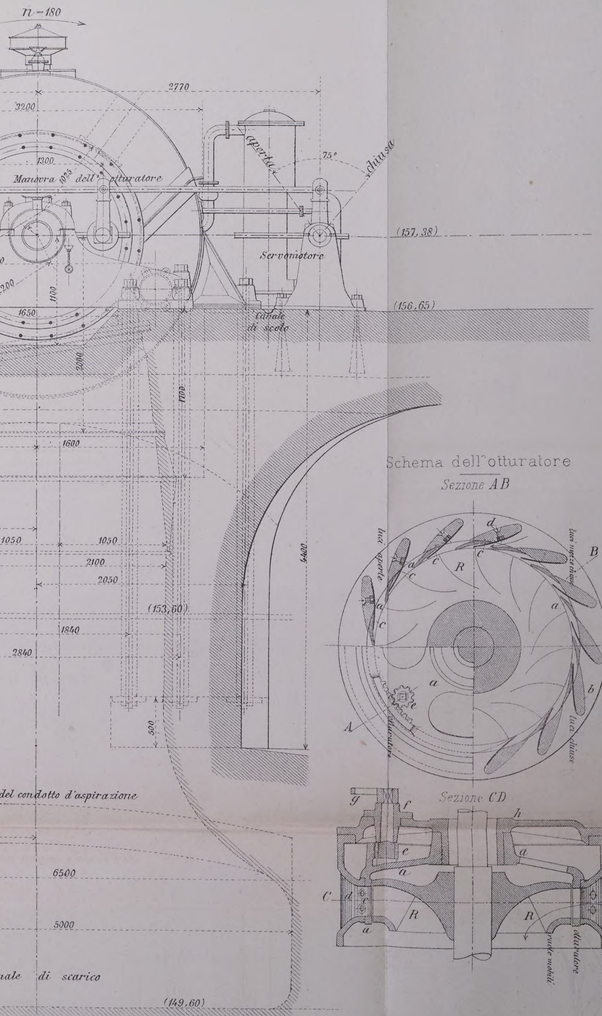
Scala 1:40



Sezione longitudinale



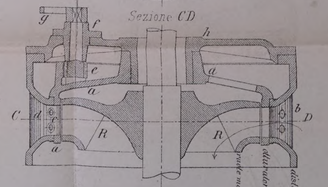
Sezione trasversale



Schema dell'otturatore

Sezione AB

Sezione CD



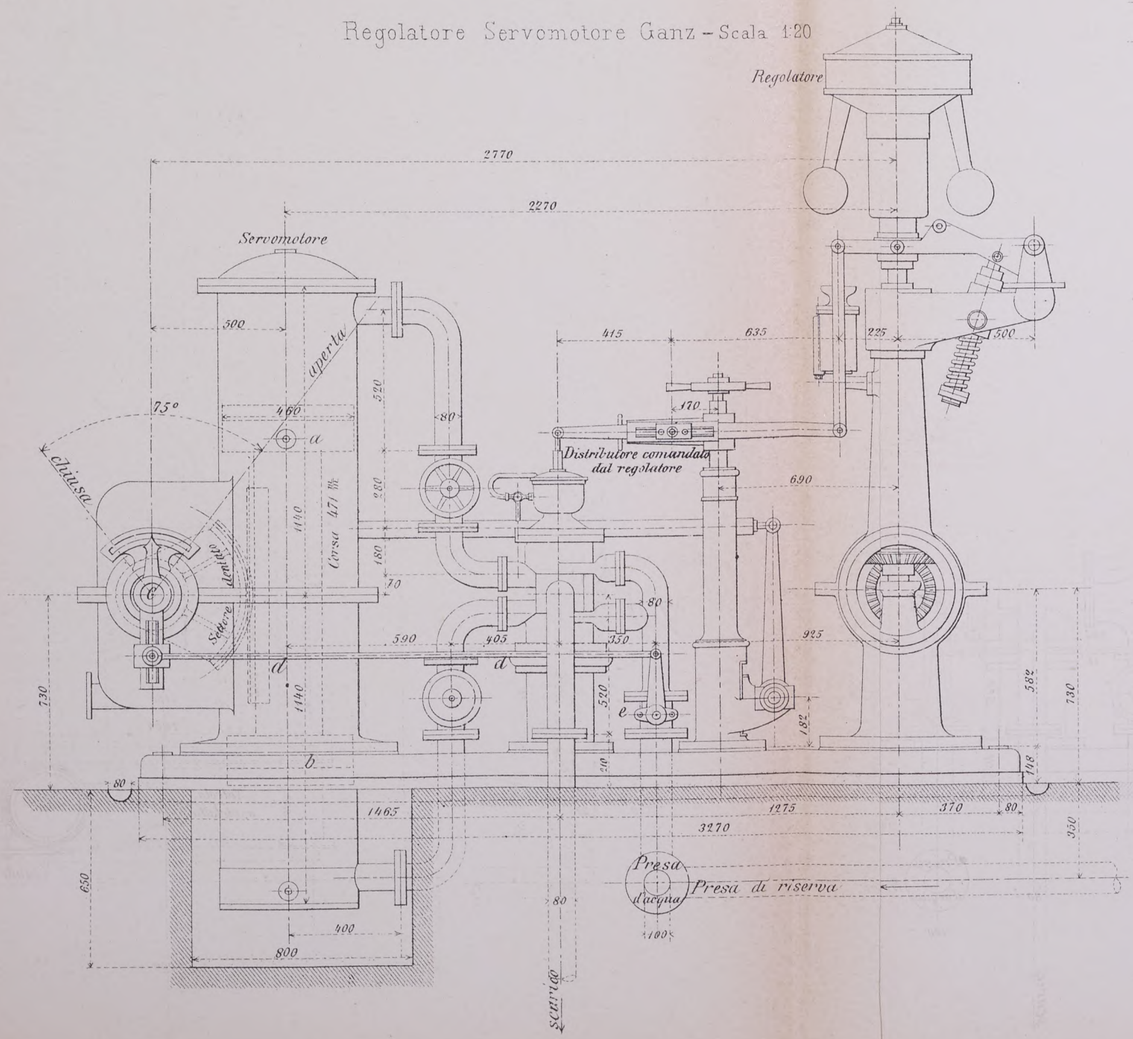
Milano, Tip. e Lit. degli Ingegneri

Digitized by Google

Digitized by Google

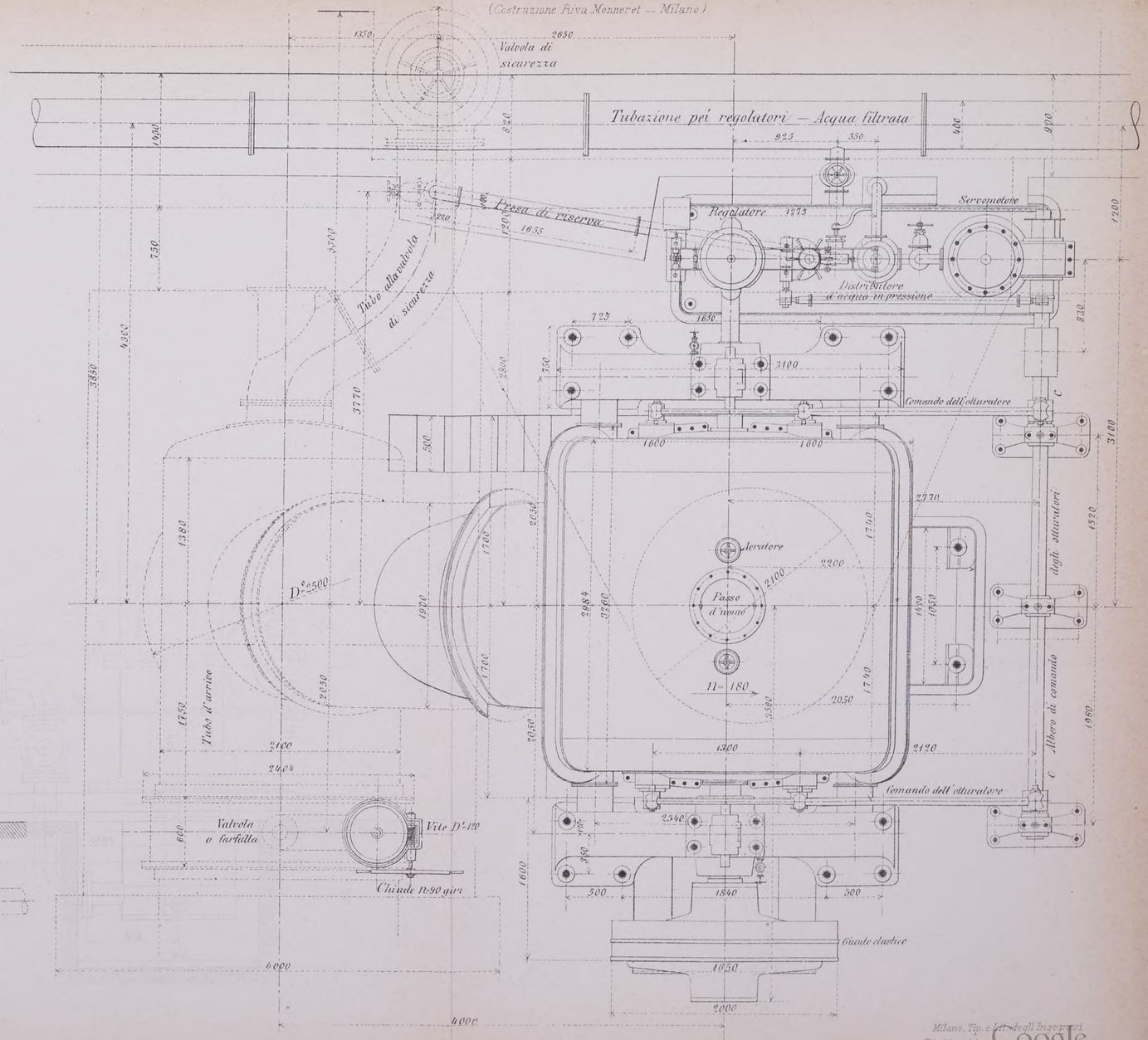
IMPIANTO DI PADERNO

Regolatore Servomotore Ganz – Scala 1:20



Pianta di una delle turbine – Scala 1:40

(Costruzione Riva Monneret – Milano)

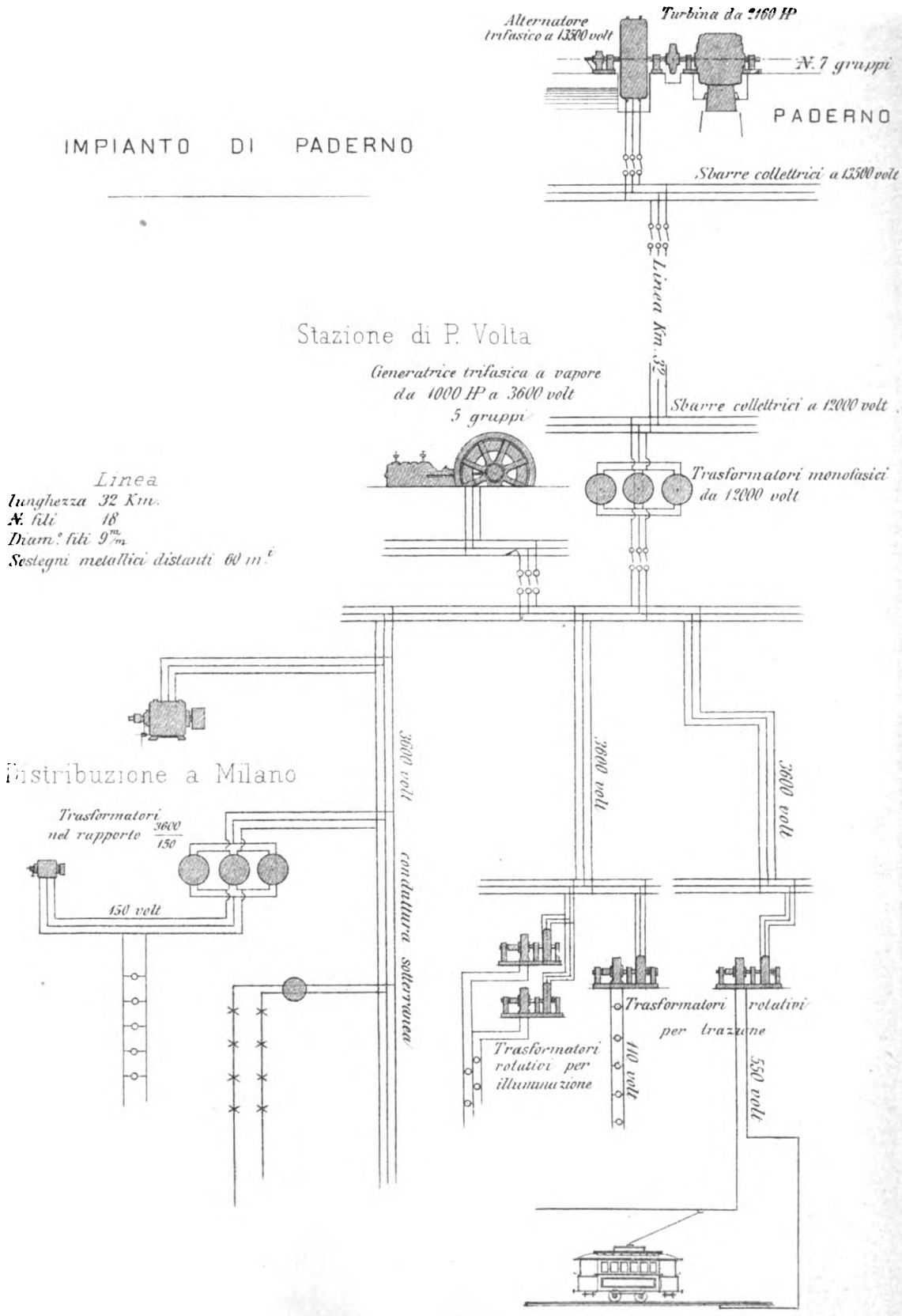


Milano, Tip. e Lit. degli Ingegneri

Digitized by Google

Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO



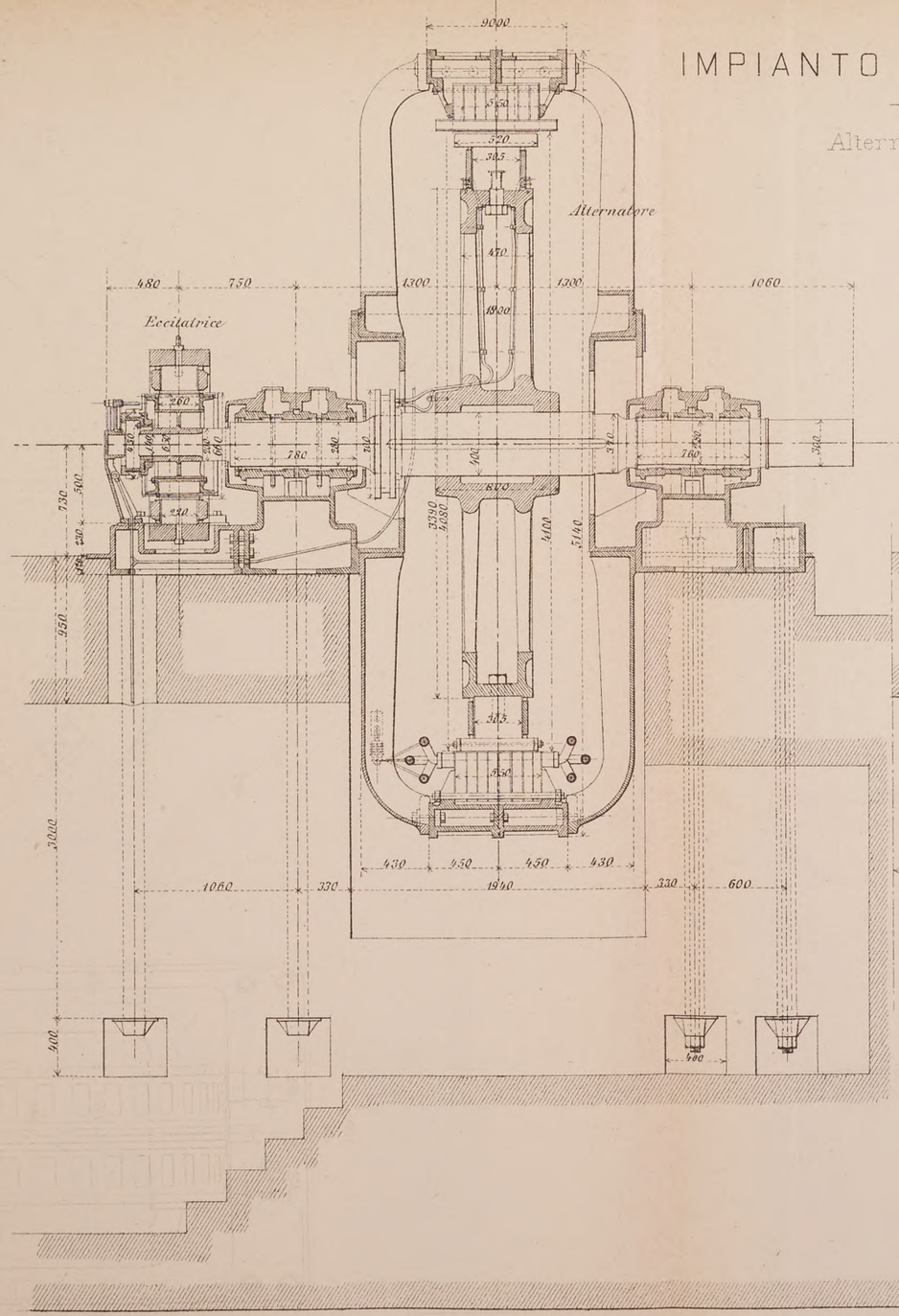
Milano, Tip. e Lit. degli Ingegneri

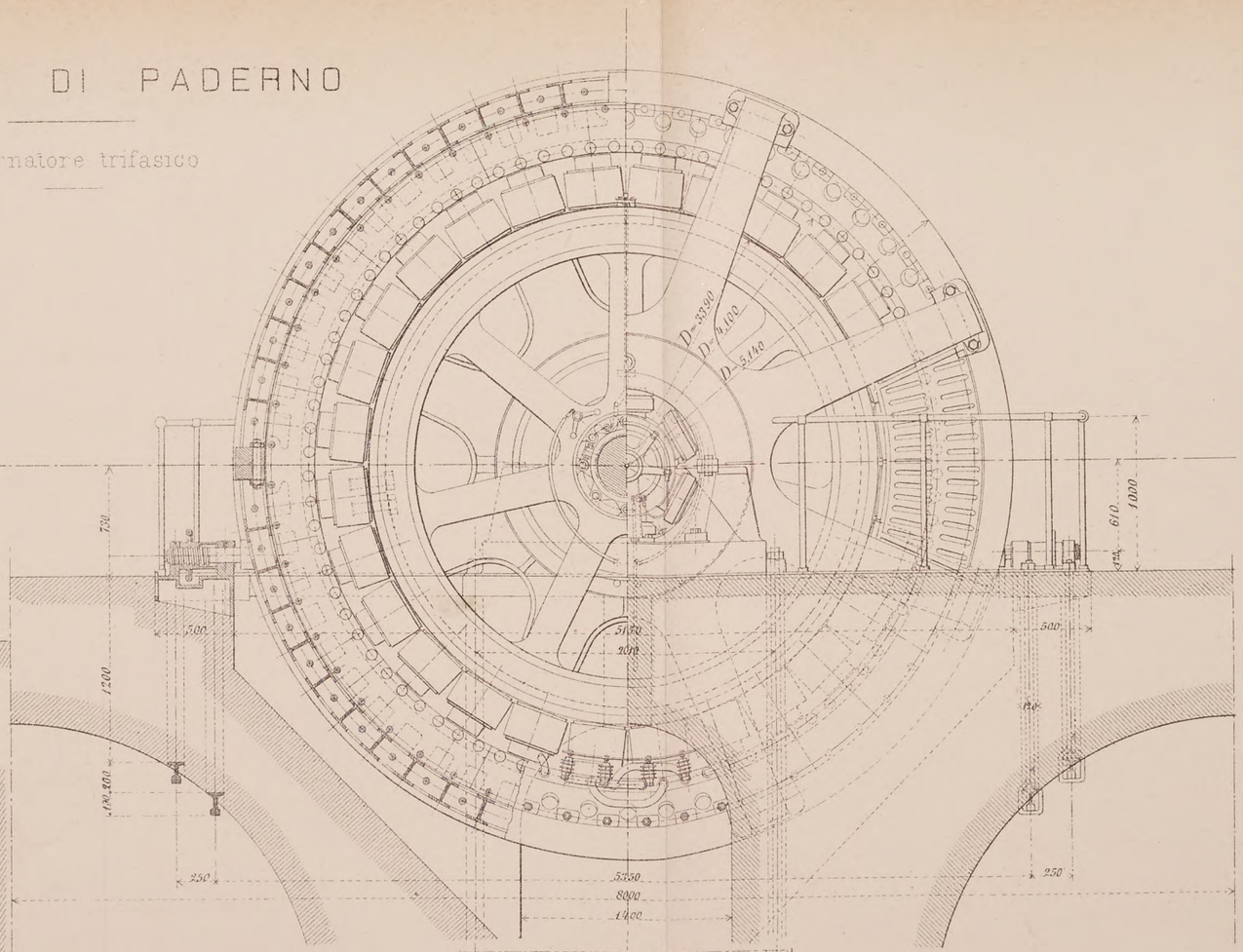
Digitized by Google

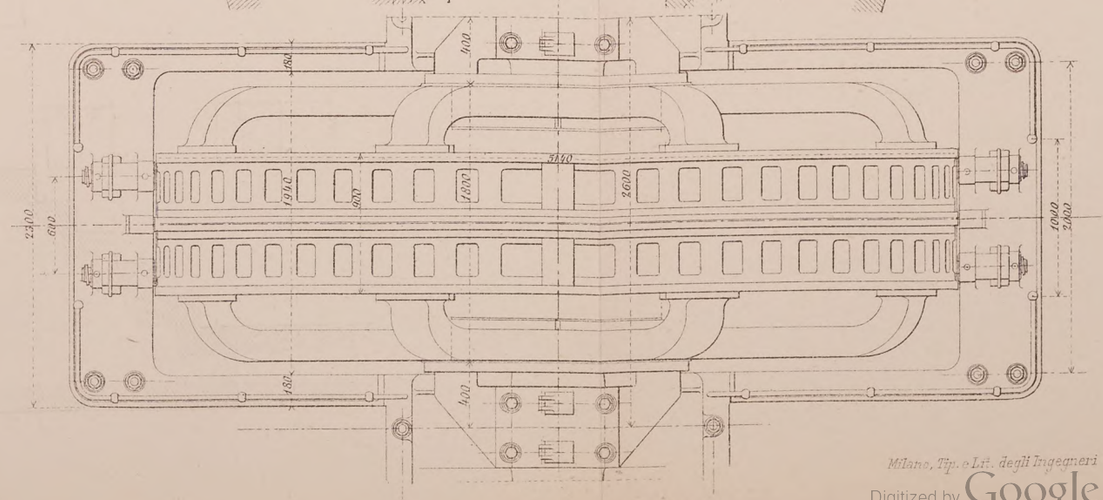
Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO

Alternatore trifasico







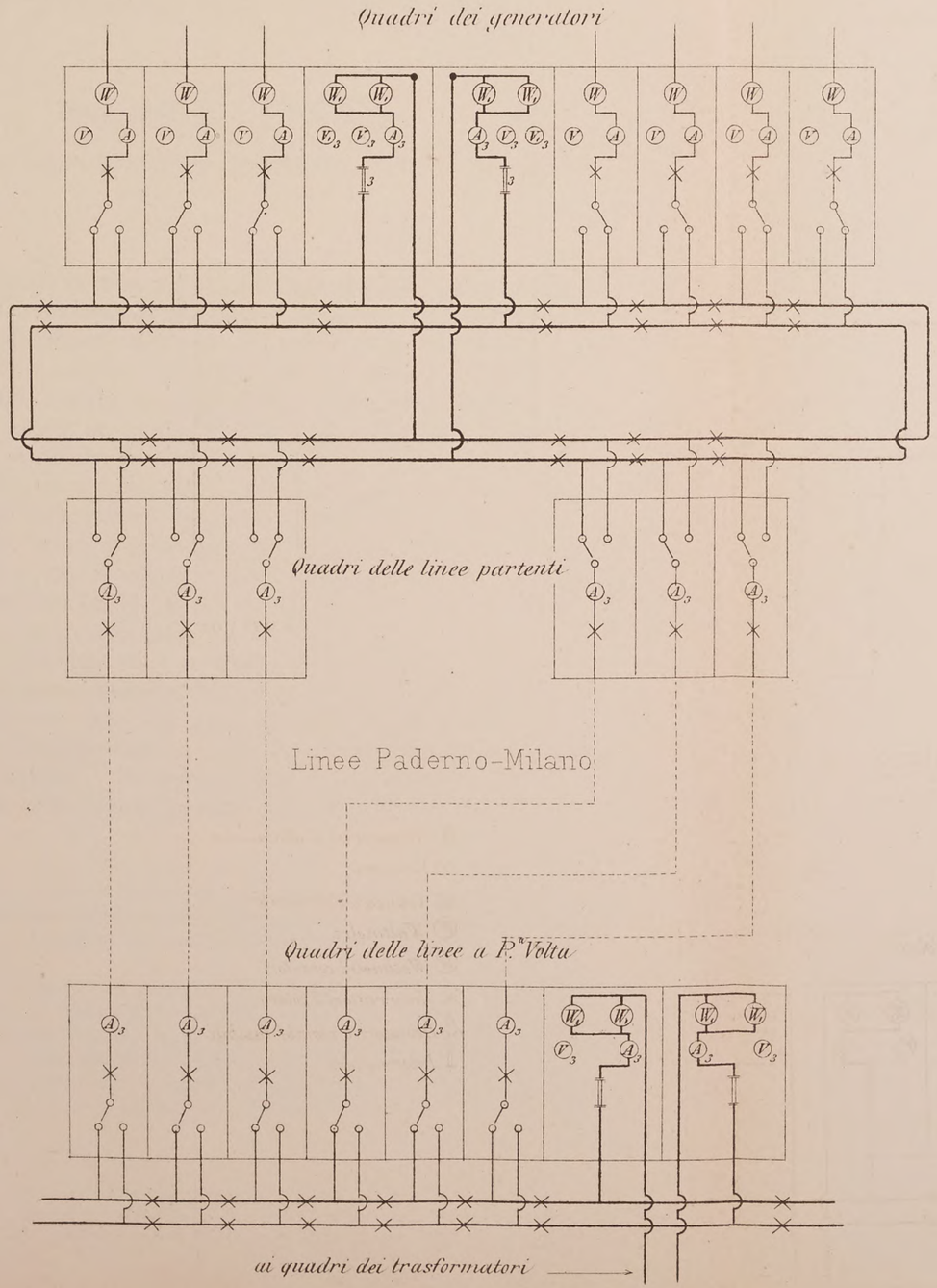
Milano, Tip. e Lit. degli Ingegneri

Digitized by Google

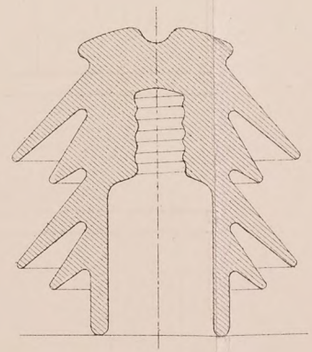
Digitized by Google

IMPIANTO DI PADERNO

Schema dei quadri della trasmissione elettrica Paderno-Milano



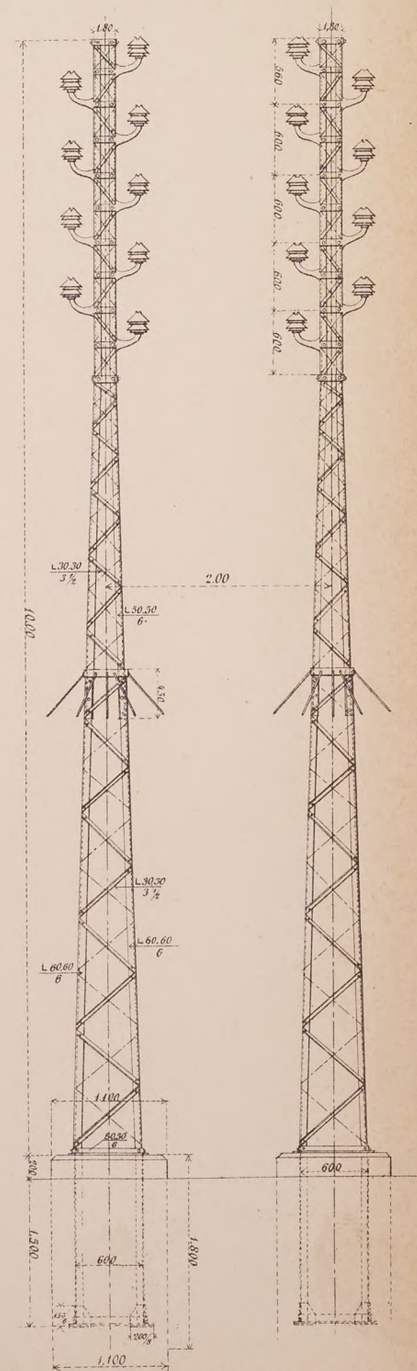
Isolatore



1/4 del vero

Ⓐ Amperometri a dilatazione
Ⓥ Volmetri
Ⓥ$_E$ Volmetri elettrostatici
Ⓦ Wattmetri
Ⓦ Wattmetri contatori
× Interruttori 3 polari
Deviatori e piombi fusibili
Interruttori

Pali per la linea



Milano, Tip. e Lit. degli Ingegneri

Digitized by Google

Digitized by Google

CAVI TELEGRAFICI SOTTOMARINI

Nota dell'Ing. E. JONA.

(Conferenza tenuta nella Sezione di Milano il 27 maggio 1898). [1]

Un cavo telegrafico sottomarino consta essenzialmente di tre parti: il conduttore, il rivestimento isolante e l'armatura. Il complesso del conduttore e dell'isolante chiamasi anima del cavo. Il conduttore, che serve a portare la corrente di segnalazione, è sempre di rame; poichè, fra i metalli comuni, è quello dotato di minore resistività. Generalmente è formato da una cordicella a sette fili. Nei primordi dell'industria era costituito da un filo unico; ma era così poco flessibile e si rompeva facilmente nei giunti; aveva però il vantaggio di impartire all'anima una minore capacità elettrostatica, a parità di peso. A questo stesso scopo si immaginò in seguito di formare il conduttore con un grosso filo di rame centrale (ad es. $^{23}/_{10}$ $^{m}/_{m}$) attorniato da molti fili fini (per es. 11 fili di $^{9}/_{10}$); questa forma di conduttore è però usata solo nei grandi cavi, come i transatlantici e simili.

Il rivestimento isolante è generalmente fatto con guttaperca; in rari casi con gomma elastica. Nei primi tentativi [2] di segnalazioni elettriche subacquee, fatti dal Soemmering in Russia, nel 1881, dal Shaugnessy a Calcutta verso il 1840, dal Wheastone in Inghilterra verso la stessa epoca, i fili erano isolati con canape catramato; il Cornell adoperò, nella baia di Hudson, nel 1845, fili isolati con caout-

[1] Alcuni punti di questa conferenza sono presi da un volume **Cavi telegrafici sottomarini**, pubblicato dall'autore nella serie dei Manuali Hoepli. La conferenza era illustrata con campioni, modelli e figure, parte delle quali sono qui riprodotte.

[2] I primissimi tentativi di segnalazioni elettriche subacquee rimontano al 1803 e sono dovuti ad *Aldini* un nipote di Galvani. Egli fece qualche esperimento nel mare, presso Calais, e nella Marna, vicino a Charenton. Non si hanno però di questi sperimenti ricordi ben precisi. Prima di lui uno spagnolo, *Salvá* preconizzò la possibilità della telegrafia sottomarina in una memoria letta all'Accademia delle Scienze di Barcellona nel 1795.

Digitized by Google

chouc e protetti con un tubo di piombo; ma la telegrafia sottomarina divenne pratica solo in seguito alla scoperta dell' albero da guttaperca; ed anche oggi si potrebbe asserire che la scomparsa di questo albero renderebbe forse impossibile la telegrafia sottomarina.

La guttaperca venne presentata per la prima volta in Europa, nel 1843, dal D'Almeida e dal Montgomery, che ne mandarono alcuni saggi alla Società reale asiatica ed alla Società delle arti di Londra. Hancock, uno dei pionieri della industria del caoutchouc, materia affine alla gutta, ne riconobbe presto le preziose qualità; ed inventò alcuni metodi per depurarla; ma è merito principale del Werner Siemens l'averla applicata su vasta scala alla fabbricazione dei fili isolati, fino dalla primavera del 1848.

La guttaperca è il succo coagulato di alcune piante che crescono specialmente a Singapore, Sumatra, Malacca ed altre regioni tropicali. Per estrarlo gli indigeni abbattono l' albero e raccolgono il succo che cola da incisioni fatte nella corteccia. La materia si coagula presto; si mette nell'acqua bollente, si malassa, si batte con battitoi di legno e se ne formano pani che si mettono in commercio. Così riscaldata nell'acqua calda è oltremodo plastica; per cui talora il senso artistico di qualche coltivatore indigeno si rivela nelle forme più o meno bizzarre date a questi pani di gutta. Il raccolto della gutta distrugge quindi l'albero; e quando si pensi che un albero trentenne può dare solo qualche centinaio di grammi di gutta, mentre un solo cavo transatlantico ne richiede 4-500 tonnellate, si vede subito perchè questo prodotto diventi sempre più raro e costoso. Una semplice incisione fatta nell'albero non dà quasi succo; perchè questo tosto si coagula e chiude la ferita. Per contro tutte le parti secche e verdi dell'albero sono ricche di gutta, che va tutta perduta con questo metodo di raccolta. Gli sforzi di molti inventori sono perciò ora rivolti ad estrarre la gutta, con processi chimici, dalle foglie e dai rami, dei quali si potrebbe fare una raccolta annuale senza danno per l'albero. È un processo che finora non ha dato grandi vantaggi all'industria; ma giova sperare possa fra breve dare buoni frutti, tanto più che le piantagioni tentate in molte colonie non hanno attecchito.

La guttaperca, depurata con processi meccanici consistenti essenzialmente in lavature ripetute con acqua calda e fredda, e che qui non descriveremo, ha un colore bianco al bruno: fibrosa, nervosa, alquanto elastica a temperatura ordinaria; molle, pieghevole a 40°-50° e plastica a 60°-70°; a 100° diviene pastosa, poi fonde e distilla decomponendosi. All'aria si ossida, trasformandosi in una resina fragile; sott'acqua e fuori dal contatto della luce, ha una durata presso a poco indefinita.

Digitized by Google

La gutta viene distesa sui fili a strati, nello stato pastoso, mediante un torchio continuo, munito di una filiera, analogo ai torchi da vermicelli o da piombo. Nel foro della filiera passa il filo di rame; la gutta, riscaldata a vapore, viene compressa da uno stantuffo, mentre il filo, tirato da un tamburo, attraversa la filiera, coprendosi di gutta. Il filo così rivestito passa poi in lunghe vasche d'acqua fredda ove si indurisce, prima di essere avvolto sulle bobine. Si fanno generalmente due o tre strati di isolante per raggiungere il diametro richiesto; qualche fabbrica fa però il rivestimento in un solo strato; ma possono allora formarsi più facilmente delle bolle o soffiature, che occorre poi riparare.

L'anima così fabbricata viene conservata in vasche piene d'acqua ove si esperimenta elettricamente. Poi passa a prendere l'armatura.

La grossezza del rame e dello strato isolante di un'anima viene determinata da ragioni meccaniche ed elettriche. Meccanicamente parlando deve essere tale da costituire un insieme robusto, che possa passare senza danni alle diverse macchine; più interessano le condizioni elettriche, raggiunte le quali sono anche generalmente raggiunte le condizioni meccaniche. La velocità di trasmissione di un cavo è in ragione inversa della resistenza elettrica e della capacità elettrostatica per unità di lunghezza di anima; ed è anche in ragione inversa del quadrato della lunghezza del cavo. Ora la resistenza elettrica per Km. è inversamente proporzionale al peso di un Km. di conduttore; e la capacità è inversamente proporzionale al logaritmo del rapporto del diametro esterno dell'anima a quello del conduttore di rame. Con questi dati e conoscendo la lunghezza che avrà la linea e la velocità di trasmissione che si vuole ottenere (quest'ultima in base al presunto traffico della linea) si può stabilire il peso di rame e di gutta da dare ad ogni Km. di anima. Questo problema dà luogo ad una questione di minimi; p. es. tra le anime che soddisfano alle condizioni precedenti trovare quella di minimo volume; od anche quella di minimo costo. Ai prezzi attuali del rame e della gutta queste due condizioni sono quasi equivalenti e portano ad un'anima in cui il logaritmo del rapporto anzidetto sia circa $^1/_2$. Il peso delle anime nei cavi attuali oscilla tra 25-160 Kg. per Km. di rame e 25-100 Kg. p. Km. di gutta a seconda dell'importanza del cavo.

Un'anima così fatta potrebbe a rigore bastare a costituire una linea sottomarina; nè mancano esempi di tal genere. La linea Varna-Balaclava, posata ai tempi della guerra di Crimea, era infatti costituita, nella quasi totalità, da un'anima pura e semplice; durò parecchi mesi e si ruppe solo dopo la presa di Sebastopoli. Ma è facile vedere

Digitized by Google

che un'anima nuda è meccanicamente troppo debole; ed è troppo facile si guasti o si rompa sia nelle varie manovre durante la posa, sia anche, quando posata, in causa di urti esterni qualsiasi. Si pensò quindi ben presto ad armare queste anime; ed il sistema attuale di armatura è ancora, salvo poche modificazioni, quello proposto dal Kuper e da W. Smith a Crampton e da lui applicato, nel 1851, al cavo Douvres-Calais, il primo cavo che ebbe una vera riuscita. Il sistema adottato dal Crampton consiste nel fabbricare attorno all'anima una corda con fili di ferro o d'acciaio, di cui l'anima stessa costituisce il nucleo centrale, l'anima vera della corda. Questa armatura però non potrebbe posare direttamente sull'anima; sia perchè il piccolo diametro di questa non consentirebbe che un piccolo numero di fili dell'armatura, ed allora il cavo sarebbe poco flessibile; a meno di mettere fili molto fini, sui quali però la ruggine avrebbe grande presa; sia poi perchè questi fili, in diretto contatto coll'anima, potrebbero facilmente danneggiarla. Tra l'anima e l'armatura si frappone perciò uno strato di fili di juta tannata, detto imbottitura; sul quale poi si avvolgono a lunga elica i fili dell'armatura, in modo da formare una corazza continua. Questi fili sono zincati per proteggerli dalla ossidazione, e si fa ancora su di essi una o due fasciature di juta catramata che li protegge ancora meglio dalla ossidazione e facilita anche il lavoro della posa.

È bene dire subito, per togliere una credenza erronea abbastanza comune, che i cavi si lasciano filare direttamente dal bordo sino al fondo del mare; sia questo fondo a 10-20 metri, sia a 5-6000 metri, il cavo si lascia posare direttamente su di esso. Se così non fosse, i punti d'appoggio sarebbero presto segati sotto l'influenza del moto ondulatorio che il cavo assumerebbe in causa delle correnti; e, ad ogni modo, la tensione e la pressione in questi punti comprometterebbe facilmente l'isolamento del cavo. In un mare molto profondo il peso solo della corda metallica che pende dal bordo al fondo, durante la posa, è tutt'altro che indifferente; per cui l'armatura deve essere costituita con un materiale di grande resistenza specifica, quale l'acciaio. Per contro, a queste grandi profondità, le cause esterne di distruzione sono poco numerose. A 1000-2000-5000 metri la vita è ridotta a più semplice espressione; laggiù non esistono, o sono meno numerosi, quei grossi animali che possono addentare il cavo o spezzarlo violentemente, o quei coralli e piante che con gran facilità corrodono l'armatura o la juta; d'altronde non urto di áncore, nè reti di pescatori, nè banchi di ghiaccio, nè moto ondoso arrivano a turbare la serena tranquillità di quei fondi. L'armatura del cavo può quindi

Digitized by Google

essere abbastanza piccola; un tipo molto comune è quello che qui vedono, composto di 15 fili d'acciaio di $^{m}/_{m}$ 2,7 di diametro (fig. 1). Al contrario, vicino alle coste, ove il mare è poco profondo, si sentono tutte queste cause di distruzione; ivi poi non si esercitano grandi tensioni sul cavo durante la posa, per la poca profondità; l'armatura può quindi essere costituita di ferro, ma a fili molto grossi, per es. come questo che qui vedono, con 10 fili di ferro di circa 10 $^{m}/_{m}$ di diametro (fig. 2). In alcuni punti più pericolosi si può anche fare una doppia armatura (fig. 3); od anche proteggere ulteriormente i cavi, vicino alla costa, con tubi di ghisa. Tra questi due tipi estremi è facile immaginare dei cavi intermedi (fig. 4): da posarsi ove il fondo va man mano degradando.

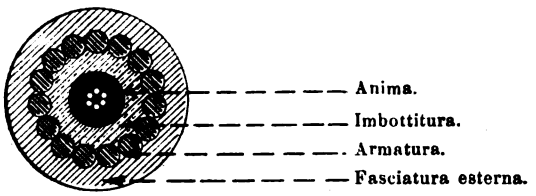


Fig. 1. — Cavo di fondo. Grandezza naturale.

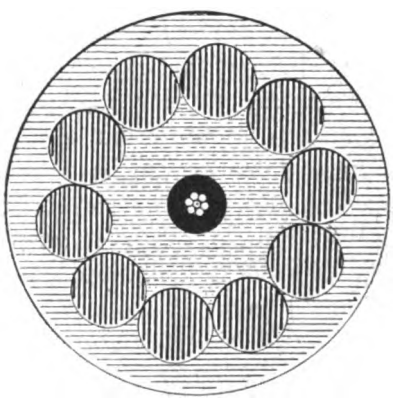


Fig. 2. — Cavo di costa. Grandezza naturale.

L'armatura di questi vari tipi di cavo è fatta con macchine identiche a quelle per fabbricare corde metalliche; e che qui non descriveremo. Man mano che il cavo è fabbricato, viene *colto* in grandi vasche a spire orizzontali ed a strati sovrapposti e mantenuto sempre sott'acqua per poterlo esperimentare; ed esperimenti minuziosi e speciali vengono poi fatti sul cavo

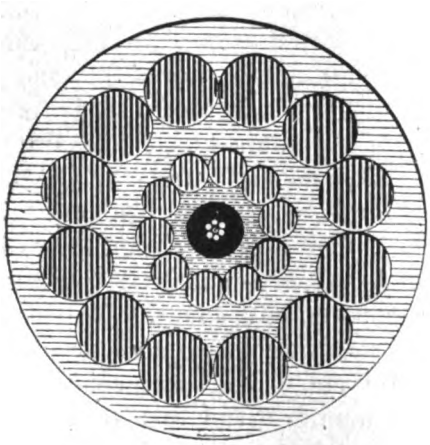


Fig. 3. — Cavo a doppia armatura. Grandezza naturale.

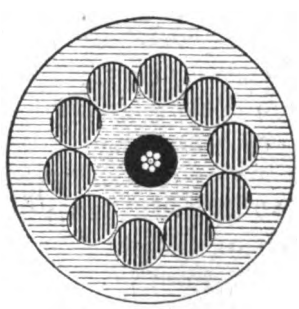


Fig. 4. — Cavo intermedio. Grandezza naturale.

Digitized by Google

prima di imbarcarlo. Si fabbricano i cavi in grandi lunghezze, centinaia di Km. del peso di centinaia di tonnellate, in un sol pezzo; che si imbarcano pure in un solo pezzo; ed è perciò necessario avere le officine di costruzione in riva al mare o ad un fiume navigabile per poterli imbarcare senza tagliarli.

L'imbarco dei cavi può essere fatto a questo modo. La nave si áncora in faccia all'officina; e, da uno dei suoi alberi all'officina, stende una corda metallica che porta molte puleggie di sostegno. La cima del cavo viene infilata in queste puleggie; e poi il cavo viene tirato a bordo da una macchinetta speciale, detta puleggia a fantino, e colto man mano in ispire orizzontali ed a strati sovrapposti, nelle vasche di bordo. È un'operazione abbastanza lunga; e che, per una grande linea transatlantica, può richiedere 4-5 settimane di lavoro.

Mentre avviene questa operazione, visitiamo un po' una nave telegrafica. Anzi, supponiamo un momento che la flotta telegrafica mondiale sia raccolta per una grande rivista; ebbene l'industria dei cavi sottomarini potrebbe già allineare una bella squadra di 41 navi; la maggior parte di esse batterebbe bandiera inglese; il tricolore francese sventola su 5 navi; ecco il *Patrich Stewart* rappresentante del governo indiano, ecco il *Newfield* del governo canadese ed il *Tutanekai* della Nuova Zelanda. Sul picco di maestra della *Città di Milano* vediamo i colori italiani; mentre il vessillo col Sole nascente sfolgoreggia sull'*Okinva Maru*, bella nave lunga 90 metri; ed a questa vicina, l'attuale rivale, la China, mette in isquadra il *Fee-Cheu*, nave di oltre mille tonnellate. Alcune di queste navi, come il *Silvertown*, il *Faraday*, lo *Scotia*, sono veri colossi; lunghe 100-110 metri, della portata di oltre 5000 tonnellate, servono alla posa delle grandi linee. Le navi minori, più maneggevoli e meno costose, servono più specialmente alla posa delle piccole linee ed alle riparazioni. Ad una semplice ispezione esterna esse si riconoscono subito, perchè portano a poppa una grossa puleggia ed a prua due o tre grosse puleggie, protendentesi molto fuori bordo e destinate a guidare i cavi in mare.

Visitiamo una di queste navi. Troviamo all'estrema poppa la puleggia suddetta; una puleggia di 1 metro circa di diametro, girante entro a grosse difese arrotondate, che impediscono al cavo di scarrucolare e non lo guastano se anche si presentasse di traverso; poi alcuni rulli di guida, fissati sulla coperta, ci conducono alla macchina di posa. Questa macchina (fig. 5) consiste essenzialmente in un tamburo, di circa 2 metri di diametro e 50 cm. di larghezza, comandato da una speciale macchina a vapore e munito di un robusto freno a nastro. Durante la posa, il cavo che esce dalle vasche di bordo, viene

Digitized by Google

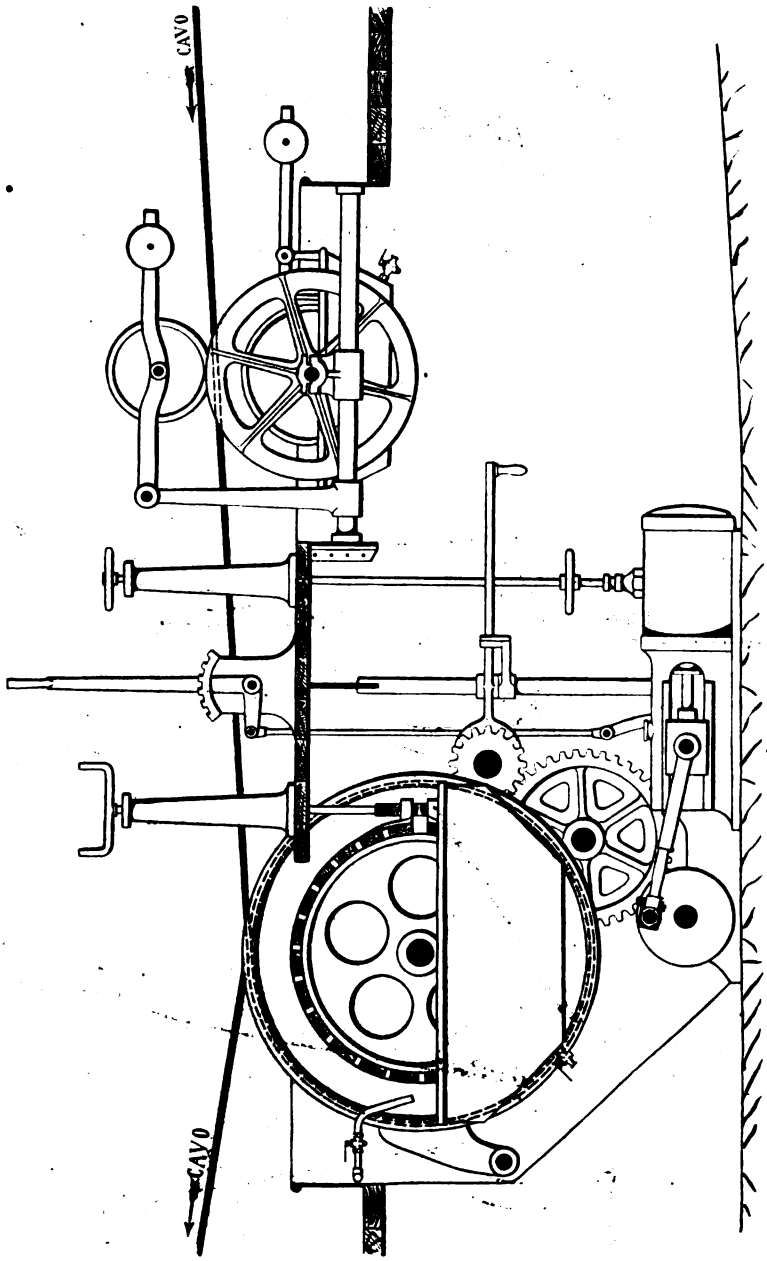


Fig. 5. — Macchina di posa.

Digitized by Google

su questo tamburo, ove prende tre o quattro colli, poi, guidato dai rulli alla puleggia di poppa, scende in mare.

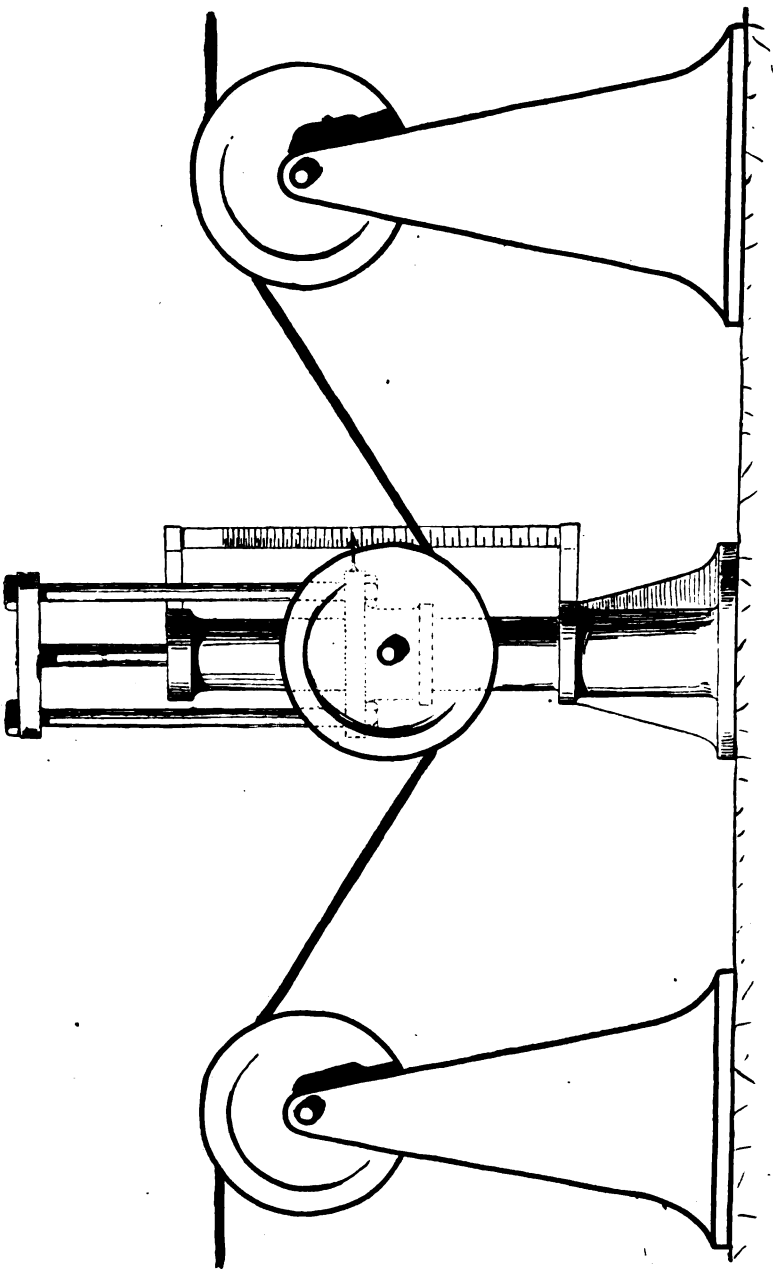


Fig. 6. — Dinamometro.

Prima della puleggia di poppa troviamo però un dinamometro, che misura la tensione subíta dal cavo. Questo dinamometro (fig. 6) è

Digitized by Google

formato da tre puleggie aventi le rispettive gole in un solo piano verticale: le due puleggie estreme, girano semplicemente sul loro asse; l'altra, posta fra le due, e molto pesante, è anche mobile verticalmente in questo piano e preme sul cavo, che passa sotto di essa e sopra le altre due; ed a seconda della tensione essa viene più o meno innalzata, indicando la tensione su un'asta graduata. Serrando più o meno il freno della macchina di posa, si arriva a posare il cavo colla tensione voluta.

Proseguendo verso il centro della nave troviamo in coperta delle aperture corrispondenti ai boccaporti delle vasche ove sono colti i cavi; e troviamo così che questa nave ha tre od anche quattro grandi vasche. Al centro della nave troviamo il gabinetto elettrico, posto così al centro, perchè i galvanometri delicati che contiene sentano meno il rullio ed il beccheggio. Proseguendo troviamo poi, sulle sartie degli alberi, appese delle boe grandi e piccole; sono galleggianti di forme speciali, che servono a segnare un punto determinato del mare, ancorandoli al fondo con corde di manilla ed acciaio; od anche ad assicurarvi una cima di cavo telegrafico, durante le operazioni di posa o di riparazione. Fissati al parapetto della nave troviamo degli ordigni di ghisa in forma di funghi, che servono di áncora a queste boe; e questa forma speciale è data loro perchè, mentre fa una buona presa in quasi tutti i fondi, non danneggia i cavi coi quali venisse in contatto; ciò che succederebbe facilmente colle áncore a marre solite. Oltrepassato così il centro della nave verso prua, un'altra serie di rulli di guida fissati sulla coperta, ci conduce alla macchina di salpamento. Questa macchina è simile alla macchina di posa (fig. 7); anzi si potrebbe dire che è come due macchine di posa accoppiate; poichè ha due tamburi, comandati generalmente da due macchine a vapore distinte, e muniti dei rispettivi freni, in modo da potere manovrare due cavi contemporaneamente. Proseguendo ancora verso prua, troviamo, allineati con questi due tamburi, due altri dinamometri; e quindi arriviamo alle puleggie di prua, simili a quelle di poppa, che sono due, e talvolta anche tre, occorrendo talora, nelle riparazioni, manovrare tre cime contemporaneamente. A prua troviamo anche una macchinetta a mano da scandagliare la profondità del mare; altra simile, che si può comandare con una piccola macchina a vapore, avremmo dovuto vedere a poppa; la prima serve sino a fondi di qualche centinaio di metri: quest'ultima anche per fondi di otto o diecimila metri.

Scendiamo un momento nelle stive: cominciamo dal vedere le vasche dei cavi. Esse sono in ferro, cilindriche, costrutte insieme alla nave; poichè ora queste navi si costruiscono appositamente per me-

Digitized by Google

glio adattarle al loro ufficio. E così troviamo che le navi telegrafiche hanno coperta più sgombra; hanno doppi fondi che si possono riempire più o meno di acqua, man mano che si posa il cavo, allo scopo di mantenere alla nave una buona linea d'immersione; in alcune di esse troviamo doppia elica per potere girare molto stretto; e persino troveremo delle navi che, oltre al solito timone di poppa, ne hanno

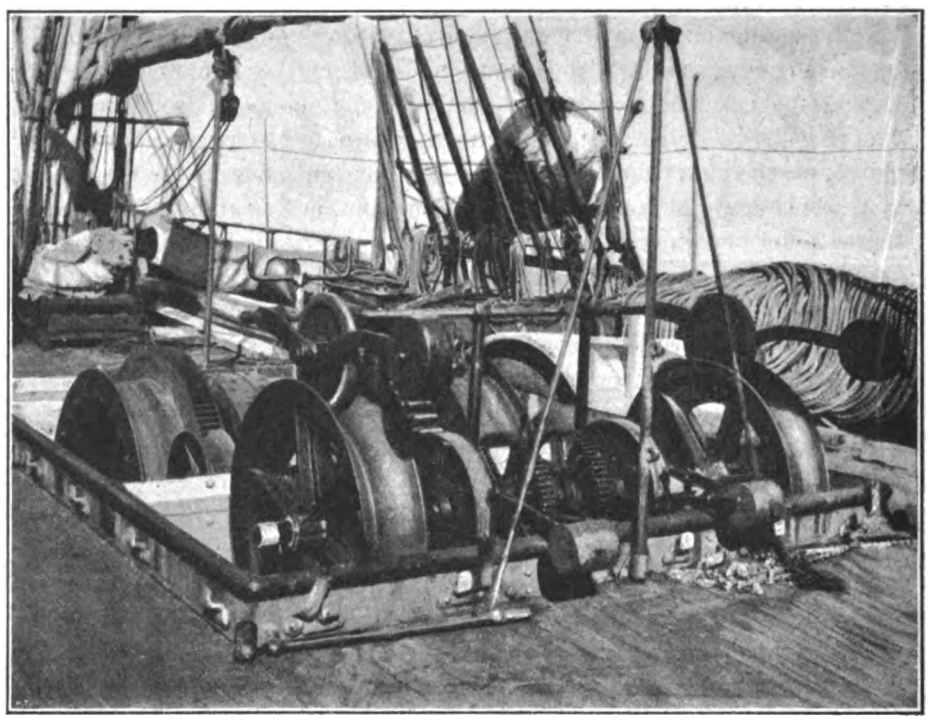


Fig. 7. — Macchina di posa e di rilevamento della nave **Città di Milano.**

un altro a prua, sulla linea dello sperone, timone che serve specialmente quando occorra manovrare all'indietro; poichè vi sono difficoltà speciali nella manovra di queste navi, con un cavo attaccato a poppa od a prora; ed occorre provvedere a rendere queste manovre più rapide e più sicure, con tutti i mezzi possibili. Queste vasche dunque, costrutte insieme alla nave, contribuiscono pure a darle maggiore solidità. Nel *Silvertown* troveremmo tre grandi vasche, di circa 10 metri di profondità; di cui la maggiore, che ha 16 metri di diametro, può portare più di 2000 miglia di cavo di fondo. Vediamo in queste vasche il cavo colto in ispire orizzontali a vari strati sovrapposti; e

Digitized by Google

mantenuto sempre sott'acqua. Concentrico alla vasca (fig. 8) è un cono di 1 metro circa di diametro, che limita la spira più piccola del cavo; e troviamo pure un sistema di anelli di ferro, larghi alla base, più stretti in alto, che serve a guidare il cavo, dallo strato in cui si trova, sino alla bocca della vasca; questo sistema rassomiglia ad una *crinoline*, e si chiama appunto *crinoline*. Nella stiva troveremo ancora altre vasche più piccole, senz'acqua, ove sono colte delle corde in manilla acciaio, per le boe od i grappini. E troveremo anche una quantità di questi grappini, di forme svariate, che servono a ricercare

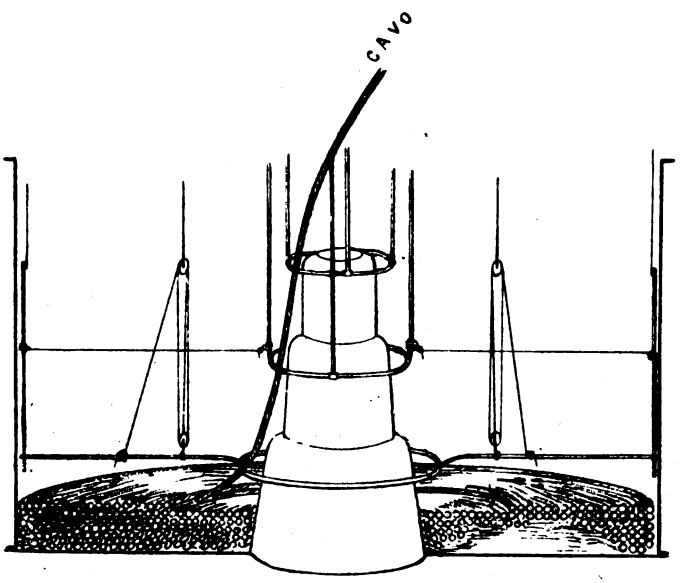


Fig. 8. — Vasca del cavo.

un cavo in fondo al mare e portarlo alla superficie; e poi una quantità di ordigni diversi, il cui uso potremmo apprendere assistendo ad una operazione di posa.

Continuando nel regno delle ipotesi, facciamone un'altra, lieta, ma disgraziatamente poco probabile; che ad es. si debba posare un cavo fra Napoli e la Sardegna e prendiamo imbarco sulla nave incaricata dei lavori. Ed anzi tutto; come si determinano il tracciato di un cavo ed i punti di approdo?.... Questi ultimi sono scelti dietro varie considerazioni. Intanto si cerca di rendere la linea meno lunga che possibile; ma è meglio approdare in baie riparate dal mare, con fondo di fango od arena, lungi dagli ancoraggi possibili, o dalle foci dei fiumi. Talora occorre che questi punti siano di facile difesa, in

Digitized by Google

tempo di guerra, e questo fatto può, da solo, determinare la scelta di un approdo. Il tracciato poi fra questi approdi è di regola la linea più breve; osservando però che può essere il caso di deviarne, se il fondo non fosse buono; per es. troppo grande o troppo piccolo; o ricco di coralli e piante; o roccioso, o vulcanico, o poco uniforme, a grandi pendenze, con vallate e montagne sottomarine; o spazzato da forti correnti, o soggetto a scoscendimenti... cose che un' accurata campagna di scandagli può far rilevare. Arrivati dunque a bordo, cominceremo a vedere sulle carte marine il tracciato studiato per questo cavo; esso va ad es. da Napoli, vicino a Posillipo, alla Sardegna, in una piccola insenatura presso Tortoli. Lungo questo tracciato troviamo segnati dei numeri che danno la profondità del mare e vediamo che, partendo da Napoli, arriviamo man mano in fondi di 3800 metri, per poi risalire ancora verso la Sardegna; il fondo è di pendenza piccola, uniforme; e vediamo anche che la natura di questo fondo è pure stata studiata, e trovata in generale di sabbia o fango. Siamo quindi in buone condizioni.

Tutti questi dati sul fondo sono desunti dalle pubblicazioni fatte dai vari uffici idrografici, od anche da uno studio preventivo, fatto dalla stessa nave incaricata della posa.

Misurando la distanza totale sul tracciato, la troviamo di 225 miglia marine; invece ci dicono che a bordo sono state preparate 270 miglia di cavo. Abbiamo cioè un eccesso di circa 20 $^0/_0$; e questo eccesso è stabilito non solo per far fronte alle eventualità che si corrono in un'operazione di questo genere; ma anche perchè si vuole veramente posare una quantità di cavo maggiore di quella strettamente necessaria per coprire quella distanza. Questa quantità di cavo posata in più del percorso si chiama *imbando*. Essa serve essenzialmente a rendere possibile il rilevamento del cavo nelle riparazioni, pescandolo in un punto qualsiasi del tracciato e portandolo quivi alla superficie. Se il cavo fosse posato senza imbando, vale a dire con una tensione più o meno notevole sul fondo e si volesse poi sollevarlo dal fondo alla superficie in un punto qualsiasi, esso si romperebbe. L' imbando permette questo sollevamento; poichè esso fornisce quella maggior lunghezza di cavo occorrente, affinchè si possano sviluppare, senza tensione soverchia, i due rami di catenaria, dal punto pescato e sollevato alla superficie, sino al fondo. Questo imbando varia dal 5 al 6 $^0/_0$ nei piccoli fondi, sino al 10-15 $^0/_0$ nei grandi fondi. Un imbando maggiore sarebbe nocivo, sia perchè sarebbe cavo sciupato; sia perchè il cavo, diventato così più lungo del bisogno, permetterebbe il passaggio ad un numero di segnali minore ogni minuto; sia anche perchè esso

Digitized by Google

si poserebbe sul fondo, di quando in quando, in ispire più o meno strette, dando luogo alla formazione di volte o cocche, che comprometterebbero l'isolamento e la solidità del cavo.

Bisogna dunque proporzionare l'imbando al fondo. Ora è facile misurare la quantità di cavo che si fila, mettendo un contagiri sul tamburo di posa; meno facile misurare la velocità della nave. I vari lock, in uso nella marina, non rispondono interamente a questo scopo; poichè, nella migliore ipotesi, essi non danno la velocità assoluta della nave, ma solo quella di essa in relazione alla massa d'acqua su cui galleggia; e perciò, se esiste una corrente, il lock non può darcene conto. Il *Siemens* ha perciò immaginato di posare, insieme al cavo, un filo d'acciaio, che viene posato molto teso, senza imbando, in modo da dare la vera velocità della nave. Questo sistema è però usato solo dalla nave *Faraday* della casa *Siemens;* le altre navi regolano l'imbando tenendo conto delle costanti meccaniche del cavo, della tensione segnata dal dinamometro, della velocità della nave, della profondità del mare e dell'angolo di immersione.

Una teoria delle forze agenti su un cavo durante l'immersione, stabilita appunto dal Siemens, ci aiuta in questa determinazione. Non possiamo qui occuparcene; notiamo solo che essa mostra in che modo, variando i pesi posti sul freno, a seconda della velocità della nave e della profondità del mare, possiamo riuscire a posare un cavo col voluto imbando. Quanto all'angolo d'immersione esso ci dà la posizione del cavo durante l'immersione; poichè la linea descritta dal cavo, dal bordo al fondo, è sensibilmente retta; ciò si spiega subito, riflettendo che in causa della resistenza dell'acqua, la velocità di caduta in essa di un corpo qualunque, diviene uniforme dopo un tempo brevissimo.

Ma ecco che la nostra nave si è ancorata a poche centinaia di metri dal punto designato per l'approdo di Posillipo e si prepara a mandare a terra la cima del cavo, ossia, come si dice tecnicamente, a *fare l'atterraggio.* Presso alla riva vediamo un casotto, ove si porterà la testa del cavo, per collegarla alle linee aeree, coll'intermedio di un parafulmine. Dal casotto al mare è già scavata una trincea per accogliere il cavo. La nave manda a terra due robuste corde di canape (fig. 9), legate insieme e formanti un doppino, che a terra passa in una o due grosse puleggie, solidamente ancorate sulla spiaggia; un estremo di ognuna di queste corde è trattenuto a bordo; per abbozzare, ossia legare solidamente, ad uno di essi il cavo telegrafico, e portare l'altro ad un verricello a vapore. Il cavo telegrafico, un grosso cavo di costa, uscendo dalla vasca, è guidato sul tamburo

Digitized by Google

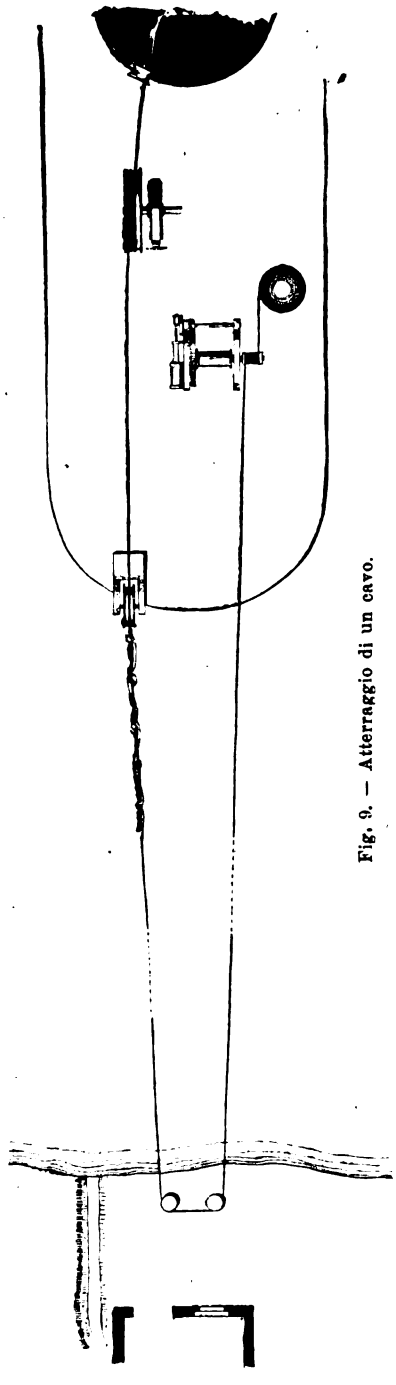


Fig. 9. — Atterraggio di un cavo.

della macchina di posa, ove prende tre colli e quindi è abbozzato alla corda suddetta; girando il verricello, e, d'accordo, il tamburo della macchina di posa, si tira a bordo una delle corde di canape, mentre il cavo telegrafico, che è abbozzato all'altra corda, scende man mano in mare, passando sulla puleggia di poppa. Di 30 in 30 metri circa, vediamo legare al cavo telegrafico grossi palloni di tela gommata (fig. 10), che servono da galleggianti, per impedire al cavo di strisciare sul fondo, ciò che produrrebbe troppo attrito. Filati così circa 500 metri, vediamo che la cima del cavo è a terra; si fila ancora un po' di cavo, che si mette nella trincea e si fa penetrare nel casotto. Una lunga fila di palloni allineati sorregge ancora il cavo, da bordo a terra; e solo quando a terra il cavo è nella trincea, solidamente abbozzato, si levano man mano questi palloni, mentre, colla macchina di posa, si fila ancora alquanto cavo, per lasciarlo adagiare sul fondo.

Levati questi palloni, rimbarcato il personale che lavorava a terra, virate a bordo le cime di ritorno, la nave si prepara a partire; nel casotto, a terra, rimangono degli elettricisti, sempre in comunicazione telegrafica colla nave, mediante il cavo stesso che si posa, e che coadiuvano gli esperimenti continui fatti dalla nave, durante la posa, per accertare le buone condizioni del cavo. Tutto essendo pronto, la nave issa dei segnali di convenzione, per avvisare le altre navi che essa sta lavorando su un cavo, e che devono lasciarle libero il passo e restare a

Digitized by Google

distanza; salpa e parte. Si continua così la posa del grosso cavo di costa, alla velocità di 2-3 miglia all'ora, aiutando sul principio lo svolgimento del cavo colla macchina a vapore della macchina di posa; ma poi questa macchina a vapore viene disinnestata, e il cavo fila da

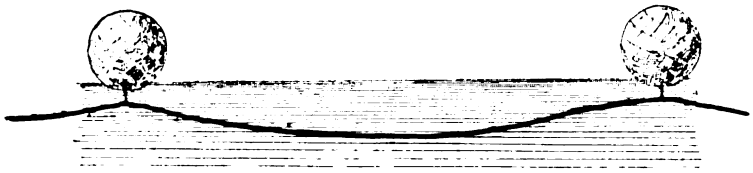


Fig. 10. — Palloni per sorreggere il cavo nell'atterraggio.

sè sollecitato dalla velocità della nave e dal proprio peso a scendere nell'acqua; anzi col freno se ne deve moderare la discesa (fig. 11). Passano circa 5 miglia di grosso cavo di costa arrivando ad un fondo di circa 20 metri, poi vediamo che il cavo è già giuntato con un tipo intermedio pesante; di questo passano altre 5 miglia raggiungendo un fondo di circa 150 metri; poi il cavo è già giuntato a sua volta con un tipo intermedio più piccolo, del quale si poseranno pure circa 5 miglia, raggiungendo un fondo di circa 400 metri. Mentre gli ingegneri addetti alla posa sorvegliano lo svolgimento del cavo, gli elettricisti, chiusi nel loro gabinetto, fanno esperienze continue; e altri ancora provvede a fare di quando in quando il punto, per fissare sulla carta il cammino percorso dalla nave, che differisce sempre più o meno dal tracciato preventivato; finora siamo in vista di terra e questo punto si fa con rilevamenti; più tardi, quando saremo in alto mare, si farà con osservazioni astronomiche, oltre al punto stimato come si usa al solito in marina.

Poco a poco, quando i tipi più grossi di cavo sono posati, si è anche aumentata la velocità della nave, ed ora facciamo 5-6 miglia all'ora; e siamo così arrivati in otto o nove ore di lavoro a posare i cavi di costa ed intermedi e si dovrebbe ora continuare col cavo di fondo. Ma vediamo invece a bordo un certo movimento, indicante che si vuole tralasciare la posa, per mettere il cavo su una boa. Così è diffatti; i cavi non si potrebbero mettere in un pezzo da una sponda all'altra; notiamo che, vicino alle sponde, ci sono piccole lunghezze di cavi di costa ed intermedi; notiamo che a bordo abbiamo un eccesso di cavo di fondo per far fronte all'imbando ed anche alle circostanze impreviste; non potremmo quindi regolare lo svolgimento del cavo così bene, da arrivare all'altra sponda mettendovi, come occorre, i pezzi di grossi cavi che le competono. La posa deve quindi essere

Digitized by Google

cominciata dai due atterraggi; posato da un atterraggio una certa lunghezza di cavo, si arresta la posa, affidando il cavo ad una boa;

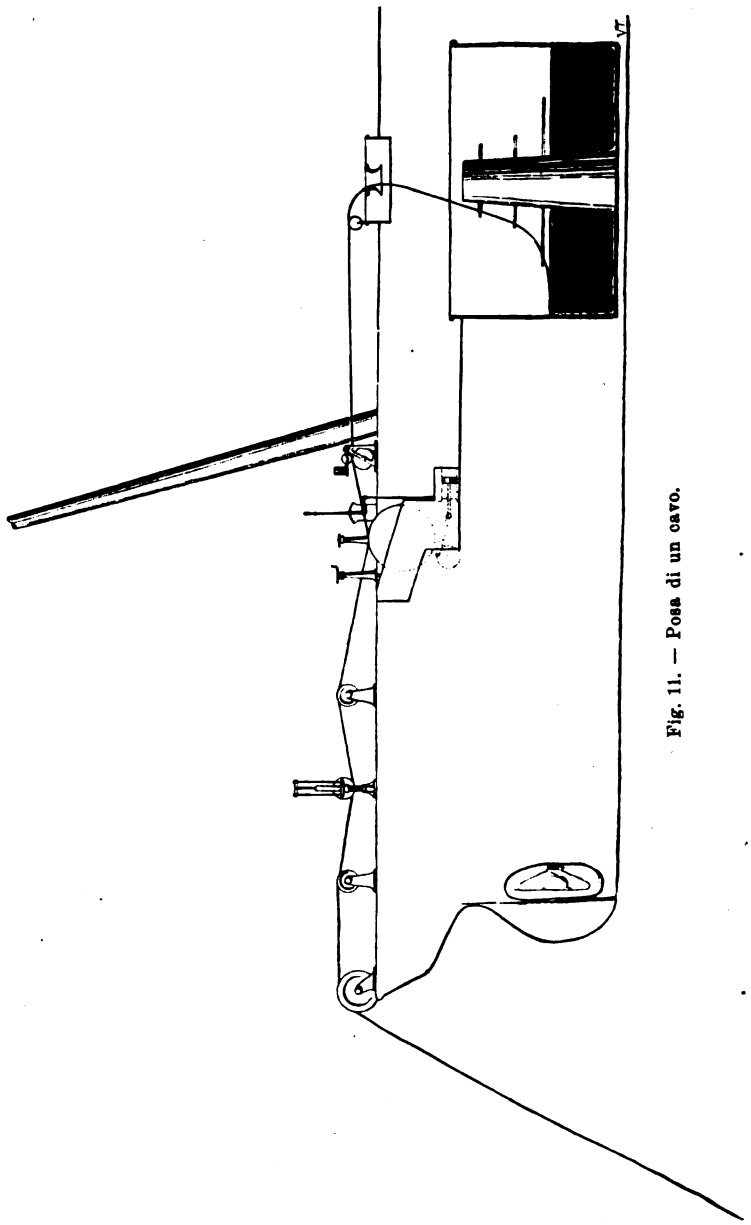


Fig. 11. — Posa di un cavo.

poi si comincia dall'altra parte, e si fila sino a questa boa, giuntando poi insieme i due pezzi con un giunto detto *finale*, perchè completa la linea. Il punto ove si vuol fare il giunto finale è scelto dietro varie

Digitized by Google

considerazioni; possibilmente in mare non troppo profondo, in luogo un po' riparato dai mari e venti dominanti, ove non regnino forti correnti. Nel nostro caso è bene arrestare la posa qui, a 15 miglia da Napoli, dopo posati i cavi di sponda ed intermedi; ci troviamo così in soli 400 metri di fondo, e siamo fra Capri e Ischia, in buona posizione. Il personale, che nella vasca aiuta lo svolgimento del cavo, avverte che siamo a poche centinaia di metri dalla cima dell'ultimo pezzo intermedio; si rallenta allora poco a poco la velocità della nave, quindi si arresta del tutto il motore della nave, lasciando perdere a questa l'abbrivo; finchè, giunti alle ultime spire, macchina indietro, si ferma la nave totalmente. Il cavo viene solidamente abbozzato sulla coperta ed intanto si prepara a mettere la boa. Scandagliato il fondo, si trova di 400 metri. Si fila allora in mare la boa; e cioè: prima il fungo che serve ad ancorarla; dopo viene una catena che si biforca; ad un capo della biforcazione è solidamente abbozzata la cima del cavo telegrafico, le cui bozze sono poi tolte; all'altro è unita una corda di manilla acciaio, che si fila man mano da bordo, colla stessa macchina del cavo; questa corda è in pezzi da 100-200 braccia, uniti tra loro con maniglioni; filati circa 450 metri di questa corda, l'estremo viene congiunto alla boa, che si cala poi libera in mare (fig. 12).

Terminata questa prima parte dell'operazione la nave fa rotta, come dicemmo, per l'altro atterraggio. Se non chè gli ingegneri di posa vogliono profittare di questo viaggio per fare ancora alcuni scandagli sulla rotta; e noi ne profitteremo a nostra volta per istruirci un po' su questo argomento. Sappiamo oramai di quale importanza sia la conoscenza esatta della profondità del mare e della natura del fondo per la nostra industria; il fondo dei vari mari è ora, nelle sue linee generali, altrettanto conosciuto quanto la superficie emersa del nostro globo; gettando lo sguardo sulle carte marine vediamo quale immenso numero di scandagli siano stati presi; è un lavoro colossale, fatto in questi ultimi trent'anni e che ricevette un grande impulso appunto dalla telegrafia sottomarina. Non è che anche prima non si studiasse alquanto questo argomento; ne troviamo già anzi qualche cenno negli autori antichi. Aristotele, ad esempio, parla della varia profondità dei mari, e Possidonio, un secolo avanti Cristo, menziona uno scandaglio di 1000 tese fatto nelle acque sarde. Però in generale lo scandaglio serviva solo pei bisogni della navigazione, e quindi non ricercava le grandi profondità; salvo qualche studio rimasto isolato. Troviamo così nel XV secolo Nicola Cusano, che scandagliava con una sfera galleggiante, mandata a fondo con un peso; toccando il fondo il peso si staccava automaticamente, la sfera rimontava a galla e, dal tempo trascorso,

Digitized by Google

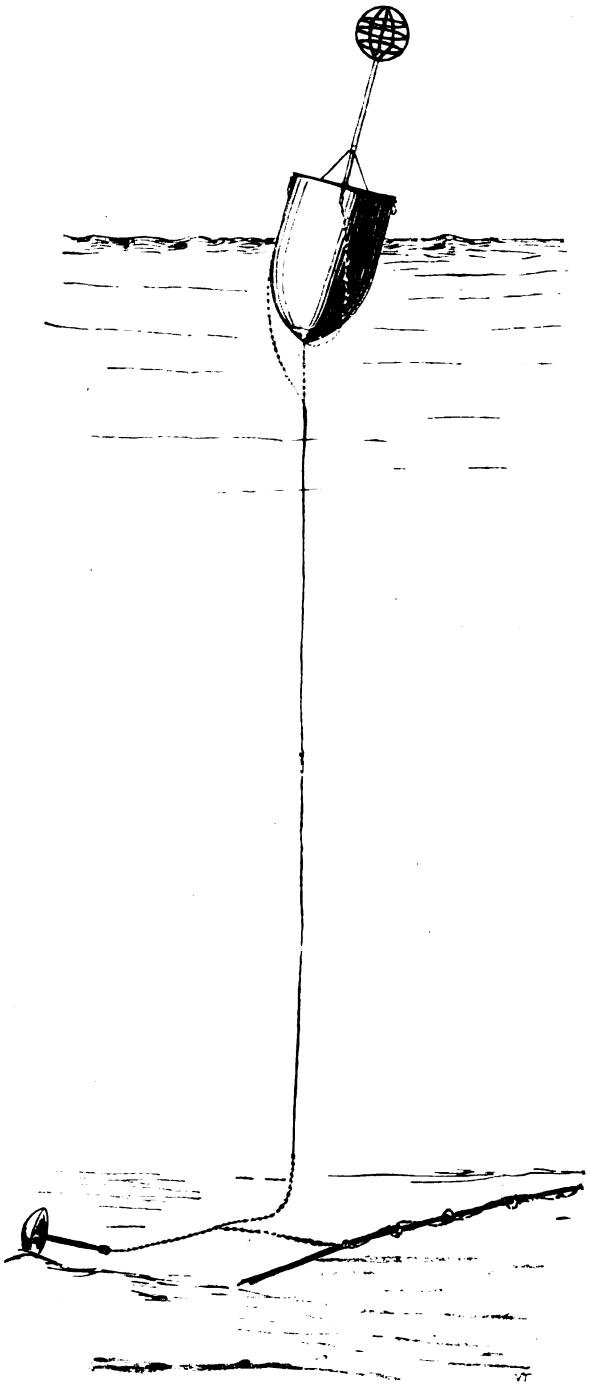


Fig. 12. — Boa sul cavo.

si deduceva la profondità; poi Plucker, Alberti e Hooke che, nel secolo XVII, perfezionarono questo metodo; ed Hales e Desaguliers che univano alla sfera del Cusano uno strumento a pressione, indicante la pressione cui si era arrivati e, per conseguenza, la profondità. Lo scandaglio più in uso era però formato da una sagola di canape, mandata a fondo con un peso di piombo. Questo scandaglio dava qualche buon risultato sino a 4-500 metri di fondo; in fondi maggiori la velocità di caduta diventava piccola, in causa dell'attrito della sagola coll'acqua, a meno di aumentare molto il peso; ciò che conduceva però ad aumentare ancora il diametro della sagola. Questa era poi influenzata dalle correnti marine e non descriveva la perpendicolare dal bordo al fondo. Nei grandi fondi il peso stesso della sagola continuava a trascinarla, anche quando il piombo aveva preso; inoltre il salpamento dello scandaglio era molto faticoso e lento. Nel 1848 la sagola di canape venne perciò sostituita con un filo di ferro; e, nel 1870, William Thomson sostituiva al ferro un filo d'acciaio da pianoforte e costruiva una mac-

Digitized by Google

chinetta che rese l'operazione assai facile e precisa. Il filo generalmente usato, ha $^{7}/_{10}$ di $^{m}/_{m}$ di diametro e resiste a 250 Kg. per $^{m}/_{m^2}$; di modo che, quantunque così sottile, può reggere un quintale.

La macchina a scandaglio di W. Thomson adoperata oramai da tutte le navi telegrafiche ed idrografiche, consta essenzialmente di un tamburo, di costruzione robusta e nello stesso tempo leggera, su cui viene avvolto tutto il filo necessario allo scandaglio: il tamburo è frenato da un freno a nastro, che si può serrare più o meno, aggiungendo dei pesi, o mediante una vite; dal tamburo il filo passa in una puleggia, munita di un contatore di giri, ove fa un giro completo; e da questa va in mare passando per un'altra puleggina portata da un braccio fuori bordo (fig. 13). Il filo d'acciaio porta il piombo da scandaglio, del peso di 15-25 Kg., coll'intermedio di una cordicella di canape lunga 5-6 metri: questo per evitare che il filo d'acciaio tocchi mai il fondo, perchè prenderebbe una vòlta e si spezzerebbe nel salparlo. Allentato il freno, il piombo comincia a scendere; man mano che il filo si svolge, il peso che tende a far girare il tamburo, aumenta del peso del filo; ma si può aumentare anche la ritenuta del freno, aggiungendo di quando in quando un peso o serrando un po' la vite. Si ottiene così uno svolgimento molto regolare. Appena il piombo tocca fondo, la tensione è subito alleggerita del peso del piombo e lo svolgimento si arresta da sè, quasi immediatamente, se il tamburo non ha troppa forza viva. Per salpare il filo poi, si ingrana il sistema del tamburo e della puleggia contagiri con un piccolo motore a vapore. La puleggia contagiri ha allora anche un altro ufficio. Racconta il Thomson, colla sincerità e modestia propria dei veri scienziati, che, quando provò la sua prima macchina, nella baia di Biscaglia, in fondi di 5000 metri, dopo avere salpato parecchie centinaia di metri, i quali si venivano avvolgendo direttamente sul tamburo, si accorse che questo diventava ovale e infine si schiacciò. Ed infatti ogni spira di filo d'acciaio era avvolta con una tensione di 25-30 Kg.; il filo d'acciaio quasi inestensibile, elastico, sommava ad ogni spira le tensioni; dopo qualche centinaio di spire il tamburo non poteva più reggere. Nella macchina modificata la puleggia contagiri, su cui il filo fa un giro completo, salpa essa stessa il filo e lo cede poi, con tensione assai piccola, al tamburo raccoglitore. Questa macchina è poi stata modificata in mille modi; alcune hanno anche un dinamometro che misura la tensione del filo, permettendo di riconoscere, dal subito diminuire della tensione, l'istante preciso in cui si tocca fondo; in altre il peso del piombo tiene abbassato un freno a nastro: quando il peso è al fondo, il freno si innalza ed arresta subito lo svolgimento. Macchine anche

Digitized by Google

più complicate, con avvolgitore automatico di filo, oliatori del filo, ecc. sono state immaginate da altri e, per es. dal nostro ammiraglio Magnaghi, per le navi idrografiche della R. Marina italiana.

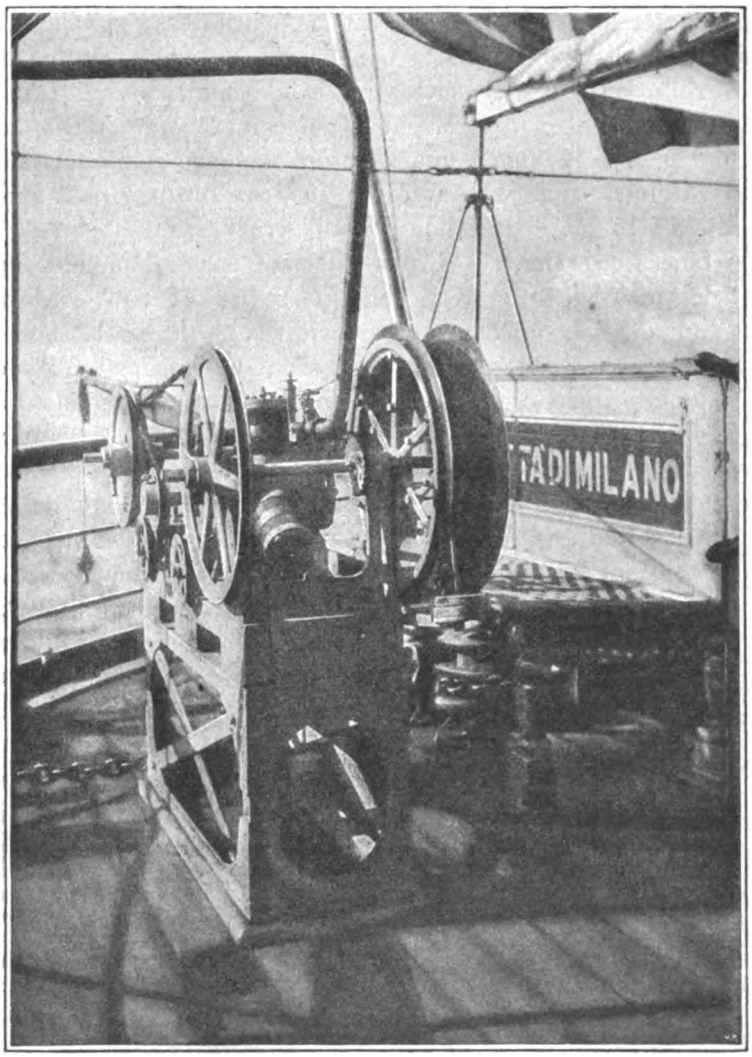


Fig. 13. — Macchina a scandaglio per grandi fondi della nave **Città di Milano.**

La velocità con cui si può fare uno scandaglio dipende dal peso; con un peso di circa 15 Kg. si può fare uno scandaglio di 2000 metri in 18 minuti, e di 4000 metri in 40 minuti. Per accelerare ancora, nei grandi fondi, si mette un peso supplementare, posto in modo, che,

Digitized by Google

appena si tocca fondo, esso si distacchi dall'altro e cada sul fondo stesso; di modo che anche il salpamento possa essere molto rapido. Alcuni di questi piombi da scandaglio sono anche costrutti in modo da portare a bordo un campione del fondo. Basti accennarli, perchè la loro descrizione ci trascinerebbe troppo lontano.

Le navi telegrafiche fanno i loro scandagli ogni 8-10 miglia: od anche più spesso in fondi accidentati; e li fanno generalmente lungo una linea a zig-zag, i cui vertici sono a 7-8 miglia dal tracciato del cavo. In questo modo è più facile accorgersi della esistenza di grandi irregolarità. Così, negli studi preparatori alla posa del cavo delle Canarie, si potè scoprire un banco di sole 50 braccia, alzantesi a precipizio dal fondo dell'Atlantico, ad un'altezza eguale a quella del Picco di Teneriffa dal livello del mare: la nave *Dacia* in uno scandaglio trovò il fondo a 550 braccia; poi lo scandaglio sdrucciolò lungo una china sino a 620 braccia; vi si fermò un istante, per isdrucciolare ancora ad 850 braccia. La nave *Seine* trovò 100 braccia, vicino a fondi di 2400 braccia, sul tracciato del cavo Lisbona Madera. In fondi così irregolari i cavi resterebbero sospesi su qualche avvallamento e si romperebbero ben presto. È perciò necessario fare una accurata campagna di scandagli, prima di posare un cavo.

Naturalmente mentre si scandaglia la nave deve essere ferma; ciò richiede molto tempo; il Siemens si domandò se non sarebbe possibile costruire uno strumento che, posto a bordo di una nave, anche in moto, indicasse senz'altro la profondità. La densità media della crosta terrestre essendo circa 2,76 e quella dell'acqua di mare invece 1,02, ci deve essere notevole diminuzione di attrazione, quando una gran massa di terra è sostituita da una di acqua; per una profondità di 2000 metri la gravitazione diminuirebbe di circa $^1/_{3000}$. Partendo da questo fatto egli costrusse il suo batometro, nel quale il peso di una colonna di mercurio è equilibrato da molle, di cui si misura l'allungamento. È uno strumento molto ingegnoso, che è utile ricordare; quantunque non dia in pratica risultati abbastanza sicuri; poichè, prescindendo da altre cause di errore, esso misura come una media del fondo di una certa regione, la cui estensione aumenta colla profondità.

Ma se per l'ingegnere di posa basta conoscere la profondità del mare e la natura del fondo, l'ingegnere elettricista vuole invece sapere anche la temperatura del fondo; poichè essa ha una grande influenza sui valori delle costanti elettriche del cavo. Intanto l'isolamento della guttaperca cresce in ragione diretta della pressione; ed in 3500 metri di fondo, l'isolamento sarebbe, per questa sola ragione,

Digitized by Google

più che duplicato; ma la temperatura ha una influenza più notevole, e che si fa sentire anche sulla resistenza del conduttore; e perciò viene pure essa studiata durante la campagna di scandagli, mandando appositi termometri in fondo al mare. Era opinione comune, fino ad una trentina d'anni fa, che la temperatura del fondo, in ogni mare profondo, fosse di circa 4° C.; e questa opinione proveniva dalla credenza che l'acqua del mare, come l'acqua dolce, avesse la sua massima densità a circa 4° C. È noto ora invece che essa continua a contrarsi sino al punto di congelamento a circa 2°, 5 sotto zero. Nel 1868 si era trovato però, nel fondo dell'Oceano Indiano, con un termometro a massima e a minima di Six, una temp. di — 0,4 C.; ma si credette fosse un errore di strumento. I termometri di Six allora usati, a così alte pressioni, di 400-500 atmosfere, si rompevano facilmente, ed inoltre il loro bulbo contraendosi, falsava le indicazioni. Nel 1869 il professor Miller suggerì al Casella di Londra, di racchiudere il bulbo termometrico entro un altro bulbo concentrico, per sottrarlo alla pressione; e così si ebbe un primo tipo di termometro di fondo sicuro. Ma questo termometro dà il massimo ed il minimo; ora non è detto che il minimo sia proprio la temperatura del fondo. Si immaginarono perciò altri tipi di termometri, e, ad esempio, il nostro ammiraglio Magnaghi fa costrurre dal Negretti e Zambra di Londra, un termometro che dà la vera temperatura del fondo. Il termometro Magnaghi è un termometro a mercurio, che, superiormente al bulbo, ha un rigonfiamento, munito di una strozzatura; esso si manda in fondo al mare, in un astuccio metallico speciale, col bulbo in basso; raggiunto il fondo lo si lascia qualche poco per prenderne la temperatura; poi lo si salpa. L'operazione del salpamento mette in moto una piccola elica, fissata all'astuccio metallico; quest'elica, girando, libera un arresto, che teneva il termometro in questa posizione, col bulbo in basso; il termometro allora si capovolge, portando il bulbo in alto; e questa rotazione è così violenta, che la colonna di mercurio si rompe alla strozzatura. Giunto a bordo, si legge la lunghezza della colonna rimasta nel tubo, e se ne deduce la temperatura del fondo.

Termometri elettrici vennero immaginati dal Siemens; il Neumayer ed il Michaelis immaginarono termometri registratori; e, con questi mezzi, si potè fare uno studio abbastanza completo sulla temperatura del mare.

Nei grandi oceani si trovò così che la temperatura discende generalmente dalla superficie al fondo, fatta eccezione di accidenti locali, come sarebbe la Corrente del Golfo; la diminuzione, rapida dapprima, è in seguito meno sentita. Ad esempio nel N. Atlantico tra Madera per

Digitized by Google

le Azzorre e le Bermude ad Halifax, ove si trovano fondi di 5000 metri, la temperatura del fondo varia fra 1°, 6 e 3°, 8; due terzi di questa massa d'acqua sono al disotto di 4°, 5; nell'Atlantico equatoriale le acque fredde sono più vicine alla superficie che nel boreale. Nei mari chiusi, come ad es. il Mediterraneo, il fenomeno è diverso; nel Mediterraneo la temperatura si abbassa regolarmente, sino verso i 400 metri, circa nella stessa proporzione come nell'Atlantico, al di là di Gibilterra; poi rimane invariata sino al fondo. A 400 metri si hanno circa 12°, 5 C. e, da questo punto al fondo, che, in qualche località, oltrepassa alquanto i 4000 metri, questa immensa massa d'acqua conserva la temperatura uniforme di 12°, 5 C. circa; nell'Atlantico, poco fuori di Gibilterra, a 4000 metri corrisponde invece una temperatura di 2° 2 C.

Risultati analoghi si ebbero in altri mari chiusi, come ad esempio il mar Rosso, il mare di Celebes, il mare della China, il mare di Banda, ecc....; e la ragione venne anche trovata. Una circolazione verticale delle acque dei grandi oceani ha luogo in causa della diversa densità prodotta dalla diversa temperatura; gli strati superiori del Pacifico, dell'Oceano indiano e dell'Atlantico si muovono verso N. E. nell'emisfero N.; mentre gli strati inferiori vanno verso S. O. Nei mari chiusi queste correnti sono interrotte all'altezza della barriera formata dagli stretti. Così lo stretto di Gibilterra, che ha una profondità di 400 metri, lascia passare solo le correnti superiori a questa altezza, cui corrisponde nell'Atlantico una temperatura di circa 12°. L'acqua più fredda degli strati profondi non arriva quindi nel Mediterraneo, ove la massa d'acqua al disotto dei 400 metri conserva una temperatura di circa 12° C.

La temperatura media invernale, e la stagione possono d'altronde variare alquanto questo risultato; ma in limiti molto ristretti. Ora un cavo sottomarino che abbia per es. un isolamento chilometrico di 1000 megohm a 14° avrà già 1500 megohm a 12°; e la resistenza del suo conduttore sarà variata circa dell' 8 $^{0}/_{00}$, nello stesso intervallo di temperatura; cosa non trascurabile.

Supponiamo ad esempio che un cavo si sia rotto. Con uno dei metodi di cui disponiamo oggi possiamo trovare, con grande accuratezza, la distanza in ohm del punto di rottura dal casotto ove si esperimenta. La ristrettezza del tempo non mi permette neanche di accennare a questo genere di esperienze, nè ad ogni altro argomento sulle misure elettriche dei cavi. Basti dire che, con molta pratica ed abilità esperimentale, potremo localizzare questa rottura con gran precisione. Supponiamo ad es. si sia trovato che la rottura è a 5000 ohm; supponiamo che il cavo di cui si tratta abbia a 24° C. una resistenza

Digitized by Google

di 5 ohm per miglio. Conoscendo la temperatura attuale del fondo del mare, verremo a sapere esattamente la distanza in miglia della rottura. Se la temperatura suddetta non è conosciuta con precisione, commetteremo un errore più o meno considerevole. Se, ad esempio, facciamo un errore di 1°,5 nella stima della temperatura, questo ci porterà a calcolare il guasto con circa 6 miglia di errore; e, per questo solo fatto, la riparazione importerà una maggiore spesa diretta di circa 30000 lire; oltre alle spese indirette ed alle difficoltà che possono sorgere in causa di una localizzazione meno precisa. L'elettricista accurato raccoglierà perciò sempre dei dati sulla temperatura del fondo; per potere conoscere, in ogni epoca dell'anno, la temperatura del cavo, nelle varie zone del mare. È questo uno studio che si fa con maggiore opportunità, specialmente durante le riparazioni; e per esso si è venuti a conoscere che la temperatura del fondo varia non solo a seconda delle stagioni; ma ha anche delle variazioni periodiche, a lunghi anni d'intervallo. È una scienza che nasce appena, ma assai interessante, anche per lo studio della fisica terrestre.

Intanto che stiamo così chiaccherando, la nostra nave ha fatto il suo cammino e si è già ancorata per fare l'altro atterraggio. Anche qui manda a terra le corde di canape, che servono a tirare il cavo, sospendendolo a galleggianti, come si è detto; anche qui abbiamo un casotto, ove restano di guardia degli elettricisti coi loro strumenti; tutto procede come abbiamo visto dall'altra parte. Passano così successivamente i cavi di costa, gli intermedi pesante e leggero e poi comincia la posa del cavo di fondo. Naturalmente i cavi erano già stati predisposti nelle vasche, in modo da presentarsi da sè, nell'ordine voluto per la posa, senza dovere fare altre manovre; di più essi erano stati divisi fra le vasche di bordo; e la ripartizione era anche stata studiata in modo che, in seguito alla immersione loro, in nessun momento, la nave divenisse troppo irregolarmente caricata, ciò che potrebbe produrre troppo grande immersione a poppa od a prua, dando alla nave una linea d'acqua poco buona.

Ora che si sta posando il cavo di fondo, la velocità della nave è anche stata accresciuta; e portata, per es. a cinque o sei miglia all'ora. Nelle navi molto grandi, con vasche di grande diametro, si potrebbe anche filare in ragione di 8-9 miglia; ma, con vasche di diametro minore, ciò non sarebbe prudente, perchè il cavo girerebbe troppo rapidamente.

Siamo così arrivati man mano alle grandi profondità; dalle nostre carte sappiamo di trovarci in 3000 metri di fondo; il peso nell'acqua del nostro cavo è circa 650 Kg. per Km.; di modo che, se

Digitized by Google

ora si arrestasse la posa e si lasciasse il cavo pendere verticalmente in mare, la tensione che segnerebbe il dinamometro sarebbe di circa 20 quintali; invece esso segna ora solo una tensione minore, ad esempio 15 quintali; e ciò è dovuto all'imbando ed all'attrito del cavo nell'acqua; ma, per quanto sia così diminuita la tensione, il freno deve ancora assorbire una potenza ragguardevole, diciamo ad esempio, un sessanta cavalli; ed ecco ciò che giustifica quel potente getto d'acqua che va nella cassa del freno e innonda tutto il tamburo della macchina di posa.

La posa continua così regolarmente; e chi, come noi, vi assiste per la prima volta, prova l'impressione che sia un'operazione assai facile, tale che non possa dar luogo ad inconvenienti qualsiasi. Il cavo si alza serpeggiando dalla vasca, dando di quando in quando dei colpi, come di coda, subito contenuti dagli anelli della crinoline; si lascia guidare docilmente alla macchina di posa; ne esce con dei piccoli fremiti, che, fantasticando, si potrebbero dire fremiti d'impazienza di tuffarsi nelle onde e che indicano invece la grande tensione cui è soggetto: passa dalle puleggie del dinamometro alla puleggia estrema di poppa, s'immerge e scompare per sempre nel tenebroso abisso. Sembra una cosa assai semplice; eppure per quanti disastri si dovette passare prima di giungere ad avere un materiale veramente pratico e soddisfacente, tale da permettere di eseguire con sicurezza questi lavori; ed anche oggi succedono casi che mostrano la necessità di altri studi e di altre migliorie; e l'organizzazione di una nave telegrafica non rimane punto stazionaria, ciò che del resto non succede in alcuna cosa umana.

Ma ecco un marinaio viene ad avvisarci che siamo giunti a posare quasi tutto il cavo di questa prima vasca; ne rimane solo uno strato, e bisogna prepararsi a cambiar vasca. Già da tempo è stato preparato il giunto del cavo, fra quella prima vasca e questa seconda. Un giunto di questo genere richiederebbe un paio d'ore di fermata, ed è quindi opportuno prepararlo prima, quando la cosa è possibile. Si rallenta poco a poco la velocità della nave, lasciando filare il cavo con maggiore imbando; gradualmente si arresta poi del tutto l'elice, lasciando perdere alla nave l'abbrivo; finchè, giunti alle ultime spire di quella vasca, macchina indietro, si arresta la nave, si frena totalmente il tamburo di posa, e poi si abbozza il cavo. Si ritira allora quel poco cavo, che può essere ancora rimasto nella prima vasca e lo si coglie, in ispire regolari, nella vasca nuova, sopra quello da posare ora; si dispone il cavo nei suoi rulli di guida, lo si tesa, quindi, tolte le bozze, si riprende la posa; lasciando sul principio molto imbando, per non fare troppa tensione sul giunto.

Digitized by Google

Intanto è calata la notte; la nave s'illumina d'un colpo: grosse lampade ad arco proiettano la loro vivida luce tutto intorno; mentre altre piccole lampadine fissate qua e là alle puleggie, ai dinamometri, alla macchina di posa, dànno alla nave un aspetto feerico; poichè i lavori non s'interrompono di notte; il tempo è troppo prezioso in mare ed il motto " time is money „ è stato trovato da un popolo marinaio. Una brezzolina lieve lieve, che era cominciata al tramonto, si è fatta man mano più forte; e, su un cielo sporco, si vedono filare come freccie, masse compatte di nubi porporine, che assumono forme bizzarre e minacciose. All'orizzonte, nero nero, verso scirocco, tremano pallidi lampi. Il barometro, questo fedele consigliere del marino, [1] si agita inquieto, vibra, oscilla e si ripiega discendendo. In breve il mare prende un'apparenza sinistra. Purchè ci lasci finire il nostro lavoro; ancora quindici o venti ore di calma e saremo lesti. Vana speranza: le ondate che arrivano da scirocco, in principio appena accennate, si fanno via via più grosse e minacciose. Si tiene consiglio sul da farsi: tagliare il cavo e metterlo su una boa, aspettando che il tempo si calmi? continuare, con prudenza, adagio adagio, il lavoro? siamo nella buona stagione, e questi temporali durano poco... Un improvviso colpo di mare, mette fine a questi discorsi; prende la nave in pieno a mezza prua, la solleva e la lascia ricadere violentemente, mentre un diluvio d'acqua si rovescia sul ponte... Ed il cavo? il cavo si è spezzato come se fosse di refe; la cima rotta, rapida come una saetta, si è perduta in mare; e noi si resta lì, attoniti, sbalorditi. Quando un cavo si rompe così, durante la posa, è a bordo una sensazione indescrivibile. Questo cavo, che si vedeva filare tranquillamente nelle onde, era come un legame fra la nave e la terra: per esso si mandavano ovunque nostre notizie e si ricevevano di quando in quando telegrammi sui principali avvenimenti del giorno. Improvvisamente questo legame si spezza, producendo in noi la sensazione dell'isolamento assoluto, tanto più viva, quanto più subitanea. È come se la nave, dal tranquillo ancoraggio in un porto, fosse portata, in un istante, per virtù magica, a centinaia e centinaia di miglia in alto mare; e, solo in questo momento, quel trovarsi *lì soli in mezzo al mare abbandonati* ci fa pensare quanto è temerario l'uomo che osa misurarsi con un elemento così potente, e come un piccolo soffio, un repentino destarsi del gigante addormentato, basti a mandare in aria i nostri disegni, a sconcertare la nostra audacia, a mostrare la nostra pochezza...

---

[1] Michelet, *La mer.*

Digitized by Google

Ma gli ingegneri di posa non si lasciano scoraggiare per questo; e, passato un breve e ben legittimo istante di sbalordimento, hanno già preparato una boa per metterla come segnale sul punto di rottura. Si fa subito uno scandaglio; ci troviamo in 3200 metri di fondo. Si comincia ad ammainare un ancorotto a fungo, e, legati a questo, in diverse lunghezze, circa 3500 metri di cordami da boa, e per ultimo la boa segnale, munita di fanali, per renderla visibile nella notte. Quest'operazione terminata, la nave mantiene la prua al mare, tenendosi in vicinanza della boa, poichè spera che, il giorno seguente, il mare calmatosi, permetta di riprendere il lavoro.

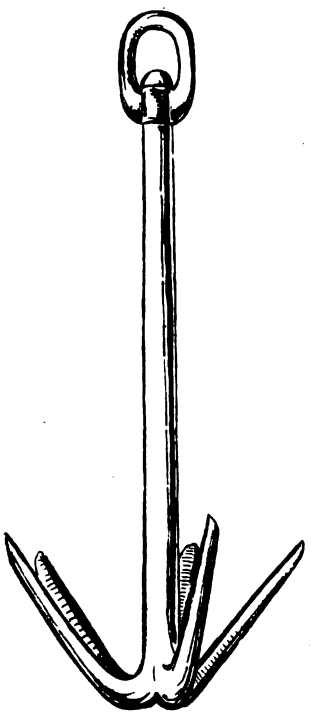


Fig. 14. — Grappino ad ancorotto.

Intanto i marinai cominciano ad estrarre dalla stiva i grossi cordami da grappini, ed i grappini che servono a ricercare il cavo perduto in fondo al mare ed a riportarlo a bordo. Poichè anche qui bisogna togliere subito di mezzo un errore abbastanza comune; i cavi guasti o rotti sono ricercati nel loro punto di rottura o di guasto; e non si prendono sulla spiaggia, per salparli fino a questo punto. Quest'operazione non sarebbe in generale neanche possibile, in pratica; e sarebbe poi sempre poco conveniente.

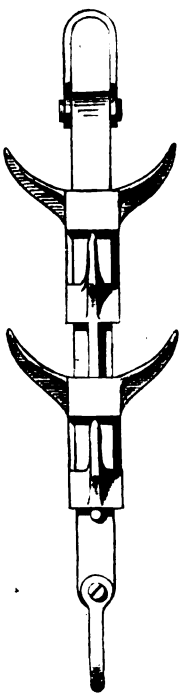


Fig. 15. — Grappino centopiedi.

Quante forme svariate hanno questi grappini! Ecco il più semplice; è come un ancorotto a cinque marre, disposte in giro attorno ad un grosso gambo centrale (fig. 14); esso pesa 100-150 Kg. secondo le dimensioni; ecco un altro tipo detto centopiedi (fig. 15); le marre sono mobili, e scorrono lungo il gambo centrale. Mentre il precedente lavora bene in fondi sabbiosi o di fango molle, questo serve anche in fondi più duri, ove le marre del grappino ad ancorotto si raddrizzerebbero facilmente. Talora il fondo è scoglioso ed allora ecco un grappino le cui marre sono protette, sino presso alle estremità, da grosse molle che impediscono alle marre di impegnarsi troppo negli scogli; in quest'altro,

Digitized by Google

detto ad ombrello (fig. 16), tutto il sistema di marre è, allo stesso scopo, protetto da un involucro, in forma di ombrello semichiuso; per gli stessi fondi rocciosi giova anche quest'altro grappino, che ha le marre snodate, aprentesi quando urtano in un ostacolo troppo forte, mentre si rinchiudono di nuovo, quando l'ostacolo è passato. Ma talvolta, come noi ora, si deve grappinare un cavo vicino ad una rottura; allora la cima rotta potrebbe scivolare dalle marre, durante lo sforzo del salpamento; ed ecco un grappino, le cui marre si uniscono tra loro e col gambo in forma di V molto acuta; di modo che un cavo che è preso lì dentro, per la sua stessa tensione, vi si impegna sempre più, senza scivolare (fig. 17). Tal'altra volta può occorrere di dovere tagliare un cavo sul fondo del mare; ed ecco un grappino le cui marre, munite di prismi a coltello, taglieranno il cavo quando la tensione sia diventata sufficente; le due cime del cavo sono però perdute; ma in quest'altra forma di grappino si può anche tagliare un cavo e trattenerne una cima da portare alla superficie. Vediamo ancora questo grappino elettrico, il quale, come tutte le cose elettriche, ha grandi pretese; questo vorrebbe indicare a bordo, con una suoneria, quando il cavo è afferrato; poichè il cavo, messo in tensione, preme sopra un bottone, il quale chiude un circuito entro al grappino stesso; circuito completato dal mare da una parte, e da un conduttore isolato e racchiuso nella corda del grappino, con una suoneria ed una pila a bordo, dall'altra.

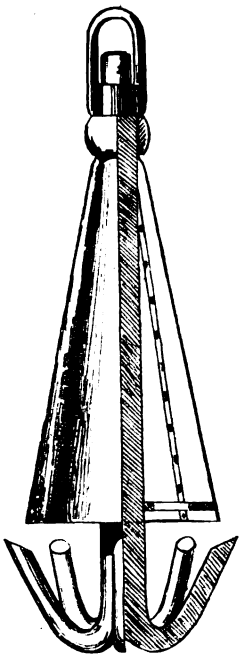


Fig. 16.
Grappino ad ombrello.

Fig. 17.
Grappino d'arresto.

A giorno fatto, calmatosi il mare, si comincia il grappinaggio. Si decide di grappinare il cavo a un paio di miglia dalla cima perduta, per cui si può adoperare un grappino comune a 5 marre, senza pericolo che la cima rotta possa scivolare dal grappino. Il grappinaggio viene fatto dalla prua, servendosi della macchina di rilevamento. Perciò la nave prende posizione di grappinaggio, sul traverso della linea del cavo, a circa 2 miglia di distanza da questa linea;

Digitized by Google

questa linea correva per es. da ponente a levante, e la nave, col grappino, ara il fondo del mare, su un cammino nord-sud, facendo delle bordate di circa 4 miglia attraverso la linea del cavo, di cui la boa segnale indica sommariamente la posizione (fig. 18). Il grappino è stato ammainato con una lunghezza di circa 3500 metri di cordami da grappino (poichè siamo in fondi di circa 3000 metri); questa corda del grappino passa dalla puleggia di prua ad un dinamometro e quindi al tamburo della macchina di rilevamento. La nave cammina a piccola velocità, 1-1 $^1/_2$ miglia all'ora; non di più, per evitare che il grappino salterelli sul fondo. Il dinamometro segna una tensione (che vediamo qui mantenersi circa costante di 40 quintali) dovuta in parte al peso della corda del grappino, in parte all'attrito dell'acqua su questa corda ed in parte allo sforzo che fa il grappino nell'arare il fondo del

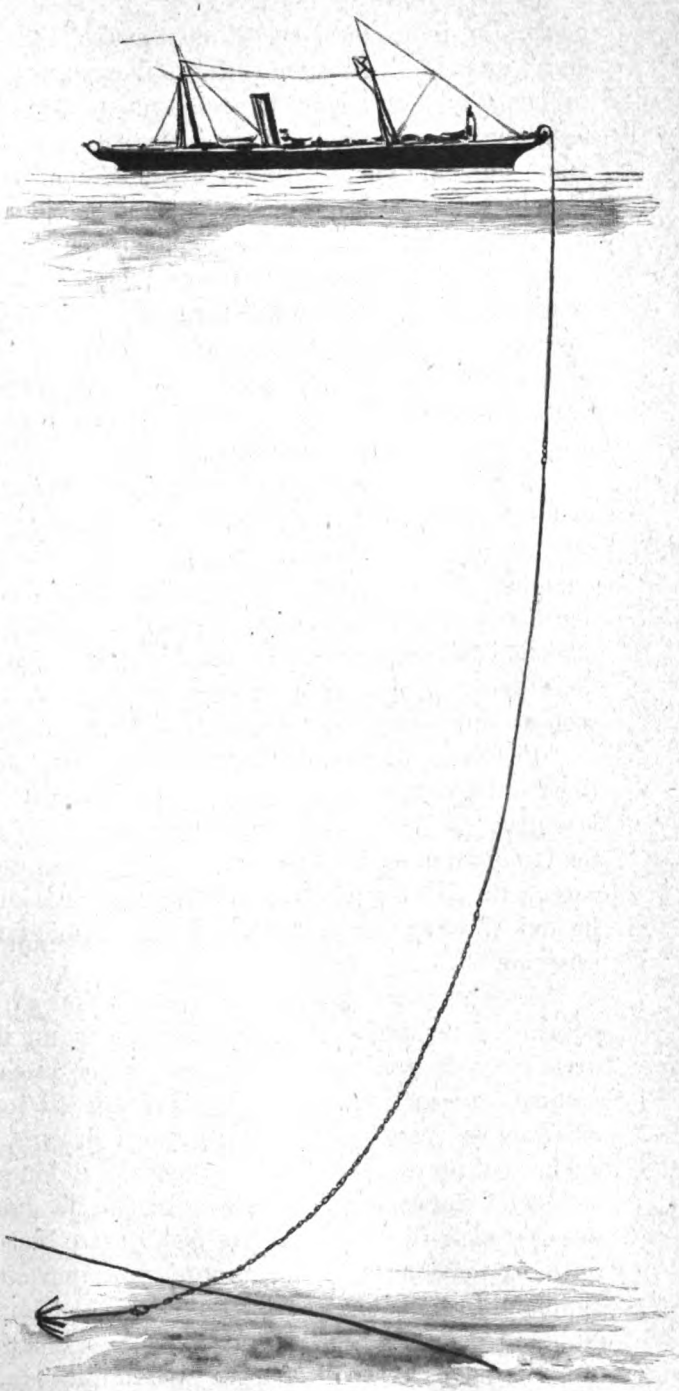


Fig. 18. — Grappinaggio di un cavo.

Digitized by Google

mare. Le indicazioni del dinamometro sono seguite colla massima cura; quando il grappino afferra il cavo, tende a trascinarlo trasversalmente alla direzione di esso; ma questo reagisce man mano più fortemente; per cui la tensione segnata al dinamometro viene man mano aumentando; da questo si giudica che il cavo possa esser preso. Stando seduti sulla corda del grappino, vicino alla ruota di prua, in fondi non troppo alti, facciamo noi stessi da dinamometro, ed anche da dinamometro abbastanza sensibile; *sentiamo* delle piccole vibrazioni, quando si grappina su un fondo molle; vibrazioni più accentuate, se il fondo è duro; brusche scosse, se è roccioso, ed infine una vibrazione, che diviene sempre più netta, quando il cavo è preso. Un pratico può così accorgersi d'aver preso il cavo, anche prima che il dinamometro gliene dia indicazione.

Appena si suppone che il cavo sia afferrato dal grappino, si ferma la nave, con qualche colpo di elice all'indietro, e la si lascia presentare al vento ed alle correnti. La tensione al dinamometro va diminuendo; e, nel nostro caso per es., segnerà solo 25 quintali, corrispondenti al peso nell'acqua del cordame sospeso; quindi si salpa adagio adagio. Man mano che si salpa, si vede invece il dinamometro notare delle tensioni sempre crescenti, poichè ora al grappino sono anche sospesi due archi di catenaria, formati dal doppino del cavo.

Possiamo facilmente farci un' idea della tensione esercitata sulla linea del grappino e di quella cui è soggetto il cavo. Basta applicare le equazioni della catenaria, aggiungendovi una equazione, per noi fondamentale, esprimente che la lunghezza totale dei due archi di catenaria, dal bordo al fondo, è uguale alla distanza fra i due punti in cui il cavo tangenzia il fondo, aumentata dell' imbando quivi esistente.

Ad esempio con un cavo pesante 650 gr. per metro nell' acqua, posato su un fondo di 3000 metri, con un imbando del 10 %, vedremo che la tensione sul grappino (cioè la tensione segnata dal dinamometro) sarà alquanto superiore alle 10 tonnellate; e la tensione massima sul cavo, presso il grappino, di circa 8 tonnellate; potremo anche calcolare che il cavo tangenzia il fondo a 7500 metri ai due lati della verticale del grappino e che la lunghezza totale di cavo sospesa sarà di 16500 metri. Nel nostro caso, essendoci una cima rotta, la tensione è molto minore. Notiamo che, se invece del 10 % d'imbando, vi fosse nel cavo solo un 7 %, la tensione sul cavo verrebbe ad essere vicina alle 11 tonnellate, e saremmo al limite di rottura del cavo; d'altra parte se il cavo fosse stato posato con soverchio imbando, esso si sarebbe disposto sul fondo in una linea sinuosa, che

Digitized by Google

tratto tratto, si formerebbe anche in una spira più o meno stretta; nello sforzo del rilevamento questa spira si restringerebbe sempre più, formando ciò che si chiama una *cocca;* una cocca poi, oltre al danneggiare l'anima, diminuisce grandemente la resistenza meccanica del cavo, poichè le fibre metalliche non vi lavorano nel senso più conveniente. Nell'un caso come nell'altro si avrebbe quindi facilmente una rottura del cavo; ed ecco perchè si deve avere gran cura di posare i cavi col giusto imbando.

Il calcolo precedente suppone però che il cavo non si allunghi sotto la tensione del rilevamento; ora un allungamento succederà sempre; ma sarà ben piccolo; d'altra parte avremo anche un po' di scorrimento sul fondo, che pure aumenterà alquanto l'imbando locale; e perciò le tensioni saranno un po' alleviate.

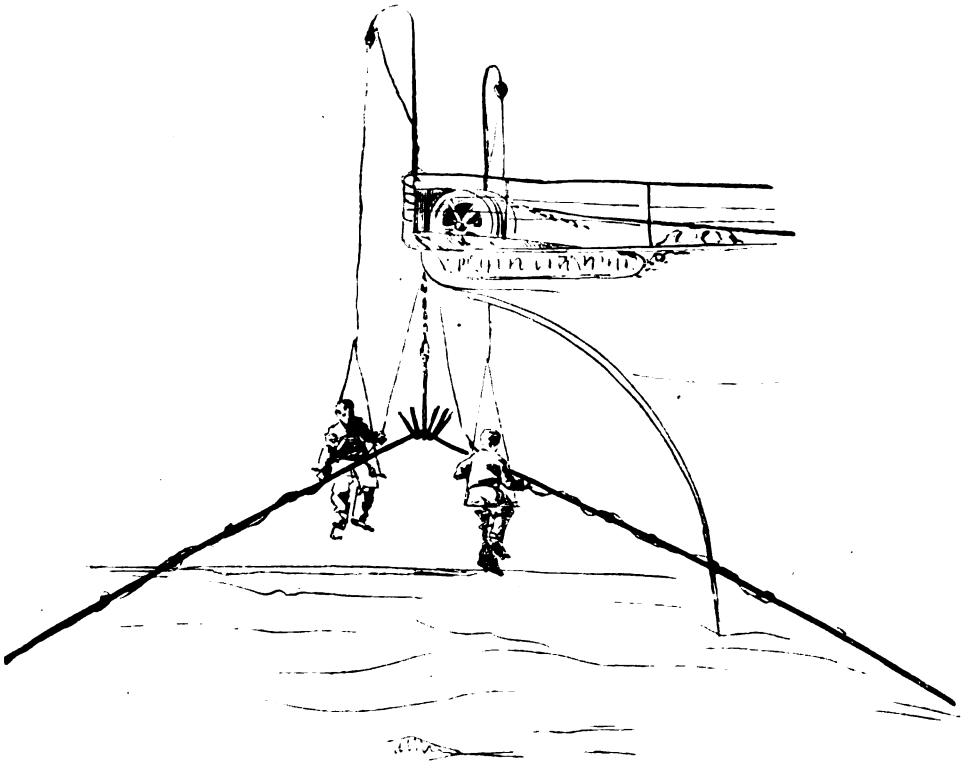


Fig. 19. — Cavo sollevato sotto la prua.

Eccoci adunque col cavo riportato alla superficie; si mandano allora due catene, fissate alle bitte; una di qua e l'altra dall'altra parte del doppino e si abbozzano ai due rami del cavo; poi si sega il cavo in mezzo (fig. 19). Colla macchina di rilevamento si tira a

Digitized by Google

bordo la cima del pezzo lungo; ed il gabinetto elettrico se ne impadronisce subito, per mettersi in corrispondenza col casotto e fare sul pezzo di cavo immerso i suoi esperimenti. Questo pezzo, se trovato buono, viene giuntato col cavo di bordo e l'operazione della posa è ripresa. L'altro pezzo più corto viene abbandonato, od anche viene messo su una boa, per salparlo più tardi, a lavoro compiuto; od infine, se è molto corto, può anche essere salpato lì per lì, purchè non ci sia troppo attrito sul fondo.

La nostra nave è ora occupata a fare il giunto; si giuntano insieme prima le cordicelle di rame; poi si fanno a mano le varie coperture di guttapèrca, mediante pezzi di foglia di guttaperca scaldata; poi si rifanno anche le fasciature di juta; ed infine si procede a fare l'armatura sul giunto stesso, disponendo in modo opportuno i fili di acciaio, provenienti dall'uno e dall'altro pezzo. È questa un'operazione di chirurgia marina trascendentale la cui descrizione ci prenderebbe troppo tempo; ci contenteremo di accennare che essa richiede circa un paio d'ore di lavoro, dopo di che la posa viene intrapresa di nuovo.

Così, senz'altri incidenti, veniamo in vista della boa che tiene la cima del cavo posato dal primo atterraggio. Si salpa questa cima dalla prua, servendosi della macchina di rilevamento; poi si taglia il cavo che si stava posando dalla poppa e si fa venire la cima tagliata pure a prua, servendosi dell'altro tamburo della macchina di rilevamento: infine si congiungono questi due pezzi e si cala in mare il doppino, completando così la linea.

Gli elettricisti poi la sperimentano e, trovatala buona, è subito aperta al servizio.

Abbiamo così avuto modo di assistere anche ad un lavoro di grappinaggio, quale si fa nelle riparazioni; e possiamo così, in poco tempo, vedere come si procede a riparare un cavo guasto. Ed anzitutto quali sono le cause principali dei guasti? Talora sono guasti latenti fino dalla fabbricazione o posa e sviluppatisi in seguito; talora sono accidenti esterni violenti: come urto di ancore o di banchi di ghiaccio, draghe di pescatori, ecc.; talora fenomeni vulcanici, i quali hanno guastato ad esempio il cavo Lipari-Milazzo, il cavo Falmouth-Bilbao, il cavo Panaria-Stromboli, i cavi Australia-Nuova Zelanda, ecc.: talora cause lente; come: corrosione dell'armatura, progressivo cedimento di un cavo sospeso su di una vallata sottomarina, ecc.; talora sono fulminazioni, che, colpita la linea aerea, non sono completamente sottratte dallo scaricatore e vanno nel cavo; talora anche animali marini: dai grossi animali, come balene, pesci cani, ecc., che possono addentare un cavo e romperlo violentemente,

Digitized by Google

ai piccoli, come la *Chelura*, la *Limnoria*, la *Teredo*, ecc., che si contentano di perforare l'anima, mettendo il conduttore a contatto coll'acqua. Per questi ultimi si è ora immaginato un mezzo di difesa; consistente in una corazza continua, fatta intorno all'anima, con un sottile nastro di ottone.

Appena si manifesta un guasto in un cavo già immerso, gli elettricisti ne determinano la posizione, in distanza di miglia di cavo dall'atterraggio; e questa posizione è riportata sulla carta marina, tenendo conto del tracciato e dell'imbando del cavo. Conosciuta così tale posizione in latitudine e longitudine, una nave fa rotta per questo punto, per mettervi una boa segnale. Essa cercherà di arrivare quivi nelle ore del mattino e comincierà col fare osservazioni di sole, per avere la sua longitudine; a mezzogiorno farà similmente la sua latitudine, in modo da avere, il più esattamente possibile, la sua posizione. Se ci sono terre in vista potrà fare dei rilevamenti. Verificata così la sua posizione e messa una boa segnale, che le servirà continuamente da punto di ritrovo, comincia i suoi lavori. L'operazione di grappinaggio e riparazione procede allora come abbiamo già detto. Grappinato il cavo la parte buona sarà messa in mare su una boa, e la parte col guasto salpata fino al guasto.

Il salpamento di un cavo vecchio, specialmente se posato in un mare caldo e poco profondo, è una operazione altamente interessante per uno studioso della natura. Il cavo viene a bordo pieno di incrostazioni, di animali e di piante, che vengono ad attestarci la vita lussureggiante di quei fondi. Le nostre praterie, le nostre foreste, dice Darwin, [1] sembrano deserte e vuote, se si paragonano a quelle del mare. Il cavo che si salpa è tutto una fantasmagoria di forme e di colori; esso scompare sotto una quantità di formazioni d'origine organica e di esseri viventi, tanto più strani, poichè gli animali e le piante spesso si scambiano reciprocamente la loro apparenza esterna; ecco piante molli e gelatinose, con organi arrotondati, come hanno in terra gli animali; ecco animali che hanno la forma, la struttura, la solidità, l'eternità dei vegetali; talora persino, splendidi di colore, avvizziscono d'un tratto come i fiori. Molluschi innumerevoli vi hanno fissato la loro dimora; e poi granchi bronzati, attinie raggianti, ciclostomi dorati; ed insieme una quantità di animali fosforescenti, come asterie, mammarie, piridii, nereidi... sicchè, salpando di notte, il cavo ci appare vivamente illuminato. È allora uno spettacolo

---

[1] Vedi in Michelet, *La mer* ed in Humboldt, *Cosmos*.

Digitized by Google

grandioso davanti al quale l'animo più apatico rimane in pensosa contemplazione!...

Giunto il guasto a bordo, ciò che si può talora vedere dalla ispezione esterna, talora solo da misure elettriche, si interrompe il salpamento e si taglia il cavo. La parte salpata è sostituita col cavo nuovo di bordo e la linea completata nel modo che è facile immaginare, dopo quello che abbiamo già visto; è inutile ritornarci sopra. Piuttosto facciamoci dare risposta ad alcune domande che si sentono ripetere ogni momento. A quale approssimazione si può arrivare in una ricerca di guasto?... È una cosa molto variabile; da pochi decimi di miglio sino anche a 15-20 miglia. Quanto durano i cavi sottomarini?... Si riteneva una volta, in media, 20 anni. Ora potremmo forse dire 30, se il fondo è buono. Poi, specie per l'arrugginirsi dell'armatura, le riparazioni diventano troppo frequenti, difficili e costose e può convenire di abbandonare il cavo. Così, ad esempio, il cavo Brest-S. Pierre del 1869 costò, nei primi 20 anni di vita, circa 6 milioni in riparazioni; $^2/_3$ del cavo primitivo non furono mai disturbati. Rottosi ancora nel 1893, i tentativi di riparazione dovettero essere abbandonati, dopo parecchi mesi di lavoro, comportanti una spesa di oltre 700000 frs., perchè il cavo si rompeva sempre, in causa dell'ossidazione del ferro. Il cavo dovette essere abbandonato ed ora la Francia ne immerge un altro in sostituzione.

Ecco tracciato a grandi linee come si fanno i lavori di cavi sottomarini. In questo modo venne immersa una immensa rete sottomarina, di cui la massima parte per opera di officine inglesi. Fin dal 1864 sorsero in Inghilterra quattro grandi società, la *Henley* a *Woolwich*, la *India Rubber* a *Silvertown*, la *Siemens Brothers* a *Charlton* e la *Telegraph Construction* a *Londra*, che ebbero, per molti anni, il monopolio di questa industria. Nel 1887 la Ditta *Pirelli e C.* fondava l'officina di Spezia; e, nel 1890, la *Societé Générale des Téléphones* e la Società *Menier*, fuse poi in una sola Ditta, impiantarono tale industria in Francia. Queste sono anche oggi le sole società che esercitino questa industria con personale, officine e navi proprie.

Esistono al giorno d'oggi, in attività di servizio, più di 300000 km. di cavi, del valore di oltre un miliardo. L'Atlantico Nord è traversato da dodici cavi, senza contare quattro o cinque ora abbandonati; triplici cavi connettono l'Inghilterra al Portogallo, Gibilterra, Malta, Egitto, Aden ed India; due cavi connettono Lisbona con Madera, S. Vincenzo, Pernambuco ed il Plata; l'Africa è circondata ad oriente ed occidente da un cavo; l'Australia è legata all'Asia da tre cavi, ed

Digitized by Google

alla Nuova Zelanda con due cavi; non vi è oramai punto importante del globo che non sia collegato alla rete mondiale! Ma quanti sforzi, quanta perseveranza occorsero per arrivare a questo risultato! quante decine di milioni furono seppellite inutilmente in fondo ai mari. Nel 1847 Jacob Brett, un illustre pioniere, morto di recente, ottantenne, nella più squallida miseria, posava il primo cavo Douvres-Calais, durato poche ore; nel '51 un altro cavo fra gli stessi punti aveva esito felice ad incoraggiare gli sforzi di quegli audaci. Ma i cavi dall'Irlanda all'Inghilterra nel 1852, quelli Olanda-Inghilterra nel 1853, quelli Douvres-Ostenda nello stesso anno ebbero una durata effimera; e così i cavi Spezia, Corsica, Sardegna, Bona nel 1854 e quelli Cagliari-Malta-Corfù; e così il cavo Atlantico 1856, che non venne neanche completato; e il cavo Atlantico 1858, durato pochi giorni; e così il cavo Suez-Kosseir-Suakim-Kurrachee, lungo più di 5000 km. reso presto inservibile. Era una serie quasi ininterrotta di sventure; e così doveva essere, fatalmente; l'industria aspirava a grandi risultati; ma non era in fase colla scienza; e per quanto grandi fossero i suoi sforzi, il lavoro utile era quasi nullo. Strano a dirsi; l'industria era in avanzo di fase sulla scienza! ma presto questa si occupò della cosa. Scienziati illustri come i Siemens, il Wheatstone, lo Smith, il Matthiessen studiavano le proprietà elettriche del rame e della gutta, ed il modo di lavorarli; una Commissione di scienziati ed industriali, nominata dal governo inglese, studiò la fabbricazione e la posa dei cavi; William Thomson portava il suo genio al servizio dell'impresa; e dagli scandagli, alle bussole, alle teorie ed agli esperimenti elettrici, di tutto si occupava e dotava la scienza e l'industria di quei meravigliosi galvanometri e ricevitori, che permettono di telegrafare, su un cavo transatlantico odierno, 45 parole al minuto; sul cavo Atlantico del 1858 si telegrafava una parola al minuto. E non è fuori luogo accennare, come egli arrivò a questo risultato, partendo dalle equazioni stabilite dal Fourier in quel " poema matematico „ intitolato " Théorie analytique de la chaleur „. Frutto di tutti questi sforzi fu la completa riescita del cavo Atlantico 1866, passata allora quasi inosservata, offuscata dalle vittorie prussiane.

L'industria venne allora salvata dalla scienza; ma quanti servizi essa le rese a sua volta! Nel 1860 il Jenkin, salpando il cavo Sardegna Bona, in 2000 metri di fondo, vi trovò attaccati degli animali ad organi assai sviluppati: questo fu il principio degli studi sulla fauna abissale. Un mollusco (Pleurotoma) pescato in 4000 metri di fondo e provvisto di un paio d'occhi ben conformati, venne poi a dimostrarci che, anche in quegli abissi, vibrano raggi luminosi; ed in-

Digitized by Google

fatti, dalle esplorazioni del Challenger in poi, si sono trovati, negli abissi, molti molluschi, crostacei ed animali inferiori provvisti di speciali organi luminosi; talchè il fondo del mare è forse abbastanza bene illuminato.

È uno dei grandi meriti della industria dei cavi sottomarini l'avere dato un grande impulso a queste ricerche: essa pure contribuì o spronò allo studio della configurazione del fondo dei mari, creando così una nuova scienza; ad essa dobbiamo le prime unità elettriche praticamente adottate, che furono alla loro volta motivo a tanti progressi; tutti i molteplici rami del sapere umano che mise a contributo, per continuare con passo sicuro nel suo cammino, essa nutrì e rese più vigorosi e fecondi; mostrando una volta di più quanto sia necessaria la scienza all' industria, e, reciprocamente, quanto vantaggio possa portare l'industria alla scienza, permettendole di esperimentare con grandi mezzi e su vasta scala.

Molto ancora resta a studiare su questo argomento; manca ancora ad esempio la telefonia oceanica; problema formidabile attorno al quale lavorano elette intelligenze; e, questo risolto, col telegrafo sottomarino, colla telefonia oceanica, coi piroscafi a 30-40 miglia all'ora, la conquista del mare sarà completa, e potremo veramente affermare, che il mare non divide, ma unisce le nazioni. Speriamo questo possa essere il vanto del secolo venturo.

Digitized by Google

SOPRA

UNA PROPRIETÀ DI UN SISTEMA TRIFASE

Nota del Prof. S. PAGLIANI

(Comunicazione alla Sezione di Palermo - 20 Aprile 1898.)

Scopo della presente nota si è di esporre alcuni risultati sperimentali ottenuti applicando conduttori di natura diversa in derivazione sopra uno dei circuiti di un sistema trifase. [1]

Quando si applica un conduttore metallico con o senza autoinduzione, oppure un conduttore elettrolitico in derivazione sopra uno dei circuiti di un sistema trifase l'azione esercitata da quello nel modificare la tensione non si fa sentire soltanto sul circuito a cui è direttamente applicato ma, come è a presumersi, anche e specialmente sopra uno degli altri due; però mi par degna di nota la modalità di questa azione.

Rappresentiamo schematicamente nella fig. 1 con A, B, C, le tre spirali o tre coppie di spirali di un avvolgimento a stella. Indichiamo

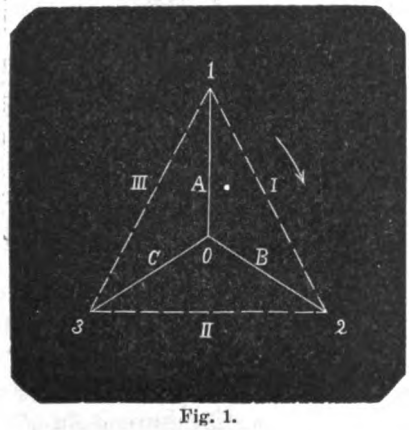


Fig. 1.

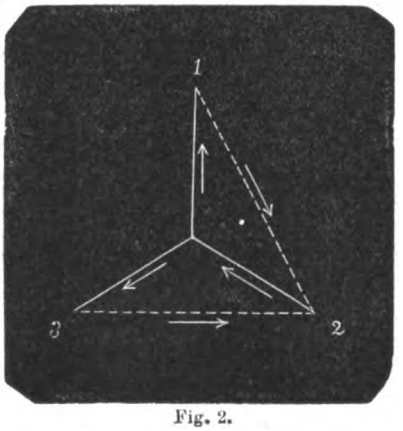


Fig. 2.

con I, II, III rispettivamente i circuiti che uniscono il polo 1 col polo 2, 2 con 3, 3 con 1.

Supponiamo che il senso della rotazione delle spirali indotte sia quello indicato dalla freccia. Un conduttore che venga inserito in deri-

(1) Alcuni dei risultati furono già esposti in una nota preliminare pubblicata nell' *Elettricista*. Anno 1895. — Beiblätter zu Annalen Wiedemann. — Anno 1895.

Digitized by Google

vazione sopra uno dei circuiti agirà solo sopra questo e sopra un altro dei circuiti, quando in questo la corrente converga simultaneamente verso lo stesso polo, essendo nulla la corrente nel restante circuito. Ora ciascuno dei tre circuiti nelle successive rotazioni della corrente può trovarsi una volta con l'uno ed una volta coll'altro degli altri due in quella condizione (fig. 2, 3, 4). Così il circuito I può trovarsi in tale condizione una volta col II ed una volta col III (fig. 2 e 3). Tuttavia si osserva che, p. es. un conduttore metallico costituito da un solenoide con nucleo di ferro, cioè con autoinduzione, applicato sul circuito I, agisce, oltre che su questo, notevolmente anche sul III, e non, od appena, sul II. Applicato invece sul III agisce su questo e notevolmente anche sul II e non, o appena sul I. Come si vede non havvi reciprocità di azione.

Non solo, ma un conduttore di diversa natura dà luogo ad azioni diverse. Così un conduttore elettrolitico applicato sul circuito I agisce sul II e non sul III, e quando viene applicato sul III agisce sul I e non sopra il II. Dimodochè dal senso della rotazione, e cioè dal come si succedono nella fase le correnti nei tre circuiti, e dalla natura del

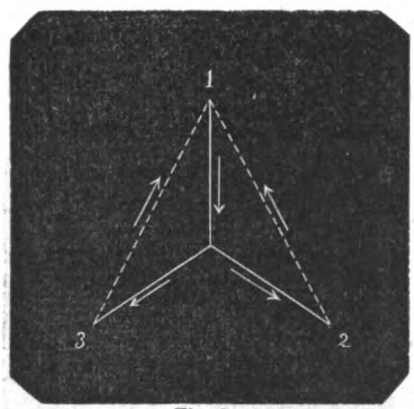


Fig. 3.

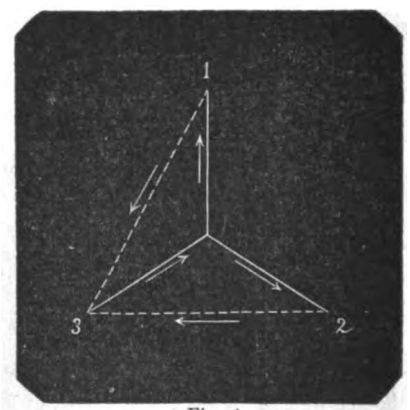


Fig. 4.

condùttore, applicato sopra uno dei circuiti, dipenderebbero le azioni sugli altri due circuiti.

Lo alternatore, adoperato in queste sperienze, è una macchina a campo girante di Siemens e Halske, a 4 poli, con allacciamento a stella, ad eccitazione indipendente. Il numero delle alternazioni 50 al secondo.

Con questo alternatore trifase si alimentavano tre circuiti costituiti ciascuno da 18 lampade ad incandescenza, distribuite a tre gruppi in serie, ciascuno di sei in derivazione. Ciascuna lampada assorbiva circa 1 ampère alla tensione di 40 volt.

Le tensioni si misuravano mediante un voltometro termico di Hartmann e Braun.

Digitized by Google

Esperienze con un conduttore metallico. — Esso era costituito da un rocchetto formato da cinque strati, di circa 60 spire l'uno, di filo di rame e 3 mm. di diametro, entro cui si poteva introdurre o totalmente od in parte un nucleo di fili di ferro, alto circa 30 cm. e del diametro di poco più di 4 cm. La sua resistenza elettrica è di ohm 0.225.

Nelle seguenti tabelle sotto i numeri I, II, III, che indicano i tre circuiti del sistema trifase nell' ordine rappresentato dalla fig. 1, sóno indicate le tensioni rispettive, misurate nei diversi casi.

1.ª Serie.	I.	II.	III.
Tensioni iniziali.	118.0	119.5	119.5
Conduttore applicato sopra I	—	—	—
Con tutto il nucleo introdotto.	92.5	118.5	108.5
„ nucleo introdotto per 22 cm. . . .	81.0	117.5	105.5
„ „ „ „ 15 „ . . .	71.0	115.5	100.5
„ „ „ „ 7 „ . . .	44.0	108.0	95.5
Senza nucleo.	29.0	103.0	94.5
Tolto conduttore	117.0	118.5	118.5
2.ª Serie.			
Tensioni iniziali.	119.5	120.5	120.5
Conduttore applicato sopra. I	—	—	—
Con nucleo introdotto per 7 cm. . . .	43.0	109.0	96.5
„ „ „ „ 15 „ . . .	64.0	115.5	100.0
„ „ „ „ 22 „ . . .	82.0	117.5	105.5
„ tutto il nucleo introdotto.	91.5	119.5	108.5
Tolto conduttore	118.0	119.5	119.5
3.ª Serie.			
Rocchetto con tutto il nucleo introdotto.	—	—	—
Tensioni iniziali.	124.0	125.0	123.0
Applicato sopra I	98.0	122.0	116.0
Tensioni iniziali.	126.5	125.5	124.0
Applicato sopra II.	117.0	102.0	127.0
Tensioni iniziali.	126.5	125.5	123.5
Applicato sopra III	126.0	115.0	101.0
4.ª Serie.			
Rocchetto senza nucleo	—	—	—
Tensioni iniziali.	121.5	122.0	122.0
Applicato sopra I	27.0	106.5	98.0
Tensioni iniziali.	121.0	122.0	122.0
Applicato sopra II.	95.5	29.0	105.0
Tensioni iniziali.	120.5	121.5	122.0
Applicato sopra III	105.5	97.5	29.0

Digitized by Google

Vediamo da questi risultati come un conduttore con autoinduzione, applicato in derivazione sopra uno dei circuiti di un sistema trifase, agisce in modo diverso sui tre circuiti. Quando si applica il rocchetto, con tutto il nucleo introdotto, p. es. sul circuito I, allora abbiamo naturalmente il maggior abbassamento di tensione nel circuito I, cioè fra 1 e 2, meno nel circuito III, cioè fra 3 ed 1, quasi insensibile nel circuito II, cioè fra 2 e 3. Se lo si applica sopra II, allora si ha riduzione di tensione in II e I, non in III. Se si applica sopra III si ha riduzione in III e II e non I.

Col diminuire l'autoinduzione aumenta, come è presumibile, l'azione esercitata; però l'ordine di grandezza relativa degli effetti prodotti nei tre circuiti si mantiene lo stesso.

Dando un valore conveniente all'autoinduzione noi potremmo ottenere che l'applicazione di essa in derivazione sopra uno dei circuiti di un sistema trifase produca una riduzione di tensione solo in due di essi. Ciò avverrebbe però quando fossero verificate le seguenti condizioni per ciò che riguarda la direzione della corrente, quando cioè simultaneamente nel circuito del conduttore con autoinduzione la corrente vada da una spirale dell'indotto a quella che la segue nella rotazione, e la fase della cui corrente è indietro di $^1/_3$ di periodo, e nell'altro vada da una spirale a quella che la avanza nella rotazione, e la fase della cui corrente è avanti di $^1/_3$ di periodo (fig. 3).

Invece, colla stessa autoinduzione, in due circuiti quando la direzione delle correnti sia rispettivamente opposta a quella indicata (v. fig. 2) non si avrebbe riduzione simultanea della tensione di grandezza poco differente, ma nell'uno di essi sarebbe appena sensibile.

In generale poi, per valori dell'autoinduzione, minori di quello ora considerato, la riduzione nella tensione sarebbe maggiore per i due circuiti, che si possono trovare nella prima delle dette condizioni, che non pel terzo circuito.

Esperienze con un conduttore elettrolitico. — Un comportamento analogo, per la sua natura, ma con ordine inverso di quello presentato dall'autoinduzione per ciò che riguarda la grandezza relativa degli effetti presenta un conduttore elettrolitico applicato ad uno dei circuiti di un sistema trifase. Cosa prevedibile inquantochè fu più volte dimostrato che un voltametro può in date condizioni comportarsi come un condensatore e che la polarizzazione agisce in modo analogo alla capacità elettrica.

I voltametri da me adoperati sono a lamine di piombo e ad acqua acidulata con acido solforico (soluzione molto diluita, circa 0,043 $^0/_0$ di acido) entro a recipiente di vetro di sezione rettangolare della ca-

Digitized by Google

pacità di poco più di 4 litri. Le lamine hanno cm. 10 di larghezza per 20 di altezza. Restavano immerse per circa 16 cm. La distanza fra le lamine di piombo era di circa 14 cm.

Si inseriva uno o più voltametri, associati fra loro in superficie e contenenti tutti lo stesso elettrolito, sopra uno dei circuiti del sistema trifase, di cui si disse sopra, e si misuravano le tensioni dei singoli circuiti.

I risultati ottenuti in alcune serie di esperienze sono riportati nella tabella seguente.

Sotto i numeri romani I, II, III sono indicate le tensioni nei tre circuiti.

1.ª Serie.				2.ª Serie.			
Voltametri applicati pel circuito I.				Voltametri applicati al circuito II.			
Numero dei Voltametri	I.	II.	III.	Numero dei Voltametri	I.	II.	III.
0	117.5	118.5	118.0	0	115.0	114.5	115.5
1	110.5	112.0	117.0	1	114.5	109.7	111.5
2	103.2	105.5	116.0	2	113.0	101.7	104.0
3	95.5	99.5	115.0	3	111.5	93.7	97.5
4	90.0	99.5	114.0	4	110 5	87.0	93.0
5	83.2	92.0	113.0	5	110.0	82.0	89.0
6	77 5	88.0	112.0	6	108.5	75.0	85.5
0	115.5	116.0	116.0	0	113.0	114.0	114.0

3.ª Serie.			
Voltametri inseriti pel circuito III.			
Numero dei Voltametri	I.	II.	III.
0	113.5	113.5	113.5
1	109.0	113.0	109.0
2	102.5	112.0	101.0
3	95.5	111.0	92.7
4	92.5	110.5	86.5
5	89.5	109.5	81.7
6	86.0	109.0	76.5
0	113.0	112.5	113.0

Digitized by Google

Le esperienze ripetute in modi diversi con voltametri di diversa resistenza interna diedero sempre analoghi risultati.

Nè si può trattare di dissimetria nei circuiti della dinamo perchè si vede che applicando gli stessi conduttori elettrolitici successivamente sui tre circuiti si hanno effetti uguali.

All'opposto di quanto succedeva per il conduttore con autoinduzione noi vediamo qui che: quando un voltametro è applicato sul circuito I agisce sensibilmente sul II e non sul III; quando è applicato sul II agisce sensibilmente sul III e non sul I; quando è applicato sul III agisce sul I e non sul II. Anche qui non havvi reciprocità di azione.

E qui, la condizione, per la quale un conduttore elettrolitico applicato in derivazione sopra un circuito di un sistema trifase agisce come riduttore della tensione non solo sopra questo, ma anche sopra uno degli altri due circuiti, sarebbe data da che simultaneamente nel circuito del voltametro la corrente vada da una spirale dell' indotto a quella che la avanza nella rotazione, e la fase della cui corrente è avanti di $^1/_3$ di periodo, e nell' altro circuito vada da una spirale a quella che la segue nella rotazione, e di $^1/_3$ di periodo nella fase (v. fig. 2). Invece in due circuiti, quando la direzione delle correnti sia rispettivamente opposta a quella indicata (v. fig. 3) non si avrebbe una riduzione simultanea della tensione di grandezza poco differente, ma nell'uno di essi sarebbe appena sensibile.

Aumentando il numero dei voltametri, aumentano gli effetti ottenuti, ma l'ordine di grandezza relativa di essi si mantiene sempre lo stesso, e rispetto al senso della rotazione delle spirali indotte, di senso opposto a quello che si osserva per i conduttori con autoinduzione.

Si comprende che l' applicazione opportuna di voltametri di dimensioni e costruzione convenienti potrebbe presentarsi come un mezzo facile per ridurne la tensione nei tre circuiti a quel valore che si vuole e potrebbe anche servire a regolarizzare la tensione quando il carico sui tre circuiti venisse a variare. Ma in pratica questo sistema non si presenterà conveniente agendo il voltametro non solo sul circuito su cui è applicato, ma anche sopra uno degli altri due.

Per citare un caso estremo, se p. es. si apre il circuito II, allora la tensione nel circuito III aumenta notevolmente rispetto alla iniziale. Applicando su questo circuito più voltametri di dimensioni opportune si può ridurre detta tensione al valore iniziale, ma nello stesso tempo si riduce anche la tensione nel circuito I e nella stessa misura come quando i tre circuiti sono ugualmente caricati.

Digitized by Google

Azione di un trasformatore. — Accennerò infine ai risultati ottenuti sperimentando con un trasformatore da esperienze di scuola, della Ditta Ganz (tipo a nucleo), costituito da quattro spirali delle stesse dimensioni, e di ugual resistenza, che si possono unire fra loro nel modo che si vuole.

Il comportamento di un tale trasformatore applicato col primario in derivazione sopra uno dei circuiti di un sistema trifase è analogo a quello di un conduttore elettrolitico, e opposto a quello di un circuito con autoinduzione, per ciò che riguarda l'ordine di grandezza relativa degli effetti ottenuti rispetto al senso della rotazione delle spirali.

L'azione di riduzione della tensione cresce naturalmente col crescere della intensità della corrente nel circuito secondario per l'aumento del numero delle lampade inserite in esso, e ciò per la nota autoregolarizzazione dei trasformatori. Però anche a circuito secondario aperto l'effetto è sensibile e sempre nello stesso senso.

Un trasformatore sembra quindi comportarsi in questo caso come un condensatore.

Ho creduto di qualche interesse la pubblicazione dei suindicati risultati non avendo finora trovato nella letteratura relativa ai sistemi trifasi alcun cenno sopra tali proprietà.

Digitized by Google

Digitized by Google